



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA MECANICA

Mon
621.4834
G983
2011

TITULO

Diseño de una planta piloto de producción de biodiesel.

AUTORES

Br. Mary Triny Gutiérrez Mendoza.

Br. Néstor Antonio Pérez Montano.

TUTOR

Ing. Jacinto René Vallejos padilla.

Managua, junio de 2011.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

GUTIÉRREZ MENDOZA MARY TRINY

Carne: **2005-21301** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los uno días del mes de Marzo del año dos mil diez.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



Managua, junio de 2011.

Managua, junio de 2011.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

CARTA DE EGRESADO

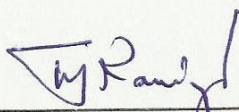
El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

PÉREZ MONTANO NESTOR ANTONIO

Carne: 2005-20471 Turno Diurno Plan de Estudios 972A de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERIA MECANICA.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los doce días del mes de Marzo del año dos mil diez.

Atentamente,



Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



DECANATURA

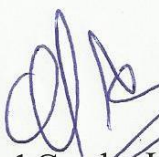
A Brs. Mary Triny Gutiérrez Mendoza.
 Néstor Antonio Pérez Montana.

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA: martes 28 de septiembre de 2010.

Por este medio hago constar que su trabajo de Investigación Titulado **“Diseño de una Planta Piloto de Producción de Biodiesel”** Que contara con el Ing. Jacinto René Vallejos Padilla, como profesor guía, ha sido aceptado por esta Decanatura por lo que puede proceder a su realización.

Cordialmente,


Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



Cc: Archivo

Managua, 02 de Mayo de 2011

Ing. Daniel Cuadra Horney

Decano FTI

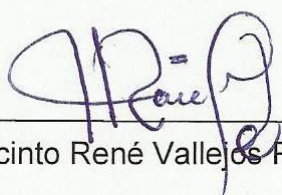
Su despacho

Estimado Ing. Cuadra

Por este medio me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado detalladamente el trabajo monográfico titulado: **Diseño de Planta Piloto de Producción de Biodiesel**, elaborado por los Brs. **Mary Triny Gutiérrez Mendoza y Néstor Antonio Pérez Montano** para optar al título de ingeniero mecánico.

Como tutor de este trabajo monográfico considero que el mismo cumple con los requisitos suficientes para ser discutido ante el jurado que usted designe.

Agradeciendo su atención a la presente, le saludo cordialmente.



Ing. Jacinto René Vallejos Padilla

Tutor



DEDICATORIA

A Dios:

Por ser nuestra fortaleza, escudo, guía y camino fiel, en quien confiamos y quien nos ayudo durante toda esta travesía para llegar a la etapa final. Muchas Gracias Señor Jesús por acompañarnos siempre.

A nuestra mama:

Por ser nuestro apoyo incondicional, sus esfuerzos y sacrificios fueron el inicio de la siembra y el árbol ha crecido frondosamente que da muchos frutos de calidad. Gracias por inspirarnos valor, amor y el deseo de superación.

A mi familia:

Por motivarnos en cada momento de nuestra vida. Los sabios consejos y las valiosas enseñanzas influyeron en nuestra forma de pensar y actuar para reconocer las decisiones correctas.



Índice

Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Antecedentes.....	4
Justificación.	5
Capítulo 1. Biodiesel.....	6
1.1. Definición.....	6
1.2. Ventajas técnicas:	6
1.3. Tecnologías para la producción de biodiesel.	7
1.4. Procesos tecnológicos para producir biodiesel.....	11
1.5. Materias primas.....	14
1.6. Alcohol.....	15
1.7. Selección de método e insumo de la planta.....	17
Capítulo 2.Generalidades de diseño.....	18
2.1. Recipiente a presión.	18
2.2. Tipos de presión.	19
2.3. Eficiencia de las soldaduras (E).....	20
2.4. Temperatura de diseño (T_d).....	20
2.5. Tipos de tapas.	20
2.6. Tipo de agitadores.....	23
2.7. Tipos de flujos en tanques agitados.....	26
2.8. Formas de evitar remolinos.	27
2.9. Consumo de potencia del agitador.	29
2.10. Uniones por soldadura.....	30
2.11. Pasos para selección de electrodos.....	34
2.12. Tipos de uniones soldadas.	35
2.13. Comando y protección de motores eléctricos.....	37
2.14. Resistencia eléctrica.....	39
2.15. Termopar.....	40
2.16. Controlador de Temperatura.....	40



2.18.	Variador de velocidades del motor.....	42
Capítulo 3. Memoria de cálculo de reactor del biodiesel.....		45
3.1.	Criterio de diseño.	45
3.2.	Selección del material.	45
3.3.	Presión de operación (P_0).....	46
3.4.	Presión de diseño (p_d)	47
3.5.	Calculo del sobre-espesor.....	47
3.6.	Calculo del espesor de la placa por presión interna.....	48
3.7.	Calculo de espesor de placa por presión externa.	49
3.8.	Selección del agitador	53
3.9.	Potencia teórica del motor eléctrico.....	56
3.10.	Calculo del diámetro de la flecha.	57
3.11.	Selección de la chaveta.....	59
3.12.	Selección del pasador.	61
Capítulo 4. Memoria de cálculo del reactor de metoxido.....		63
4.1.	Datos de diseño.....	63
4.2.	Presión de operación.....	63
4.3.	Presión de diseño (p_d)	64
4.4.	Calculo del sobre-espesor.....	64
4.5.	Calculo del espesor de la placa por presión interna.....	65
4.6.	Espesor de la tapa plana (t_3), tapa superior.....	66
4.7.	Calculo de espesor de placa por presión externa.	67
4.8.	Selección del agitador.	70
4.9.	Potencia teórica del motor eléctrico.....	72
4.10.	Calculo del diámetro de la flecha	73
4.11.	Selección de la chaveta.....	75
4.12.	Selección del pasador.	76
Capítulo 5. Diseño de la estructura.		78
5.1.	Calculo del peso del reactor de biodiesel.	78



5.2.	Calculo del peso del reactor del metoxido.	82
Capítulo 6. Soldadura.....		89
6.1.	Selección del electrodo.	89
6.2.	Selección del tipo de soldadura.	90
6.3.	Calculo de soldadura.	91
6.4.	Volumen de soldadura para el reactor del metoxido.	92
6.5.	Volumen de soldadura de las uniones roscada.	93
6.6.	Volumen de soldadura de la unión roscada de la Resistencia.	94
6.7.	Volumen de soldadura para los agitadores.	95
6.8.	Volumen total de soldadura.	100
6.9.	Masa de soldadura requerida (MR).	101
6.10.	Cálculo de soldadura para la estructura.	102
Capítulo 7. Selección del sistema eléctrico.		105
7.1.	Selección del contactor.	105
7.2.	Selección del relé térmico.	105
7.3.	Selección del pulsador.	106
7.4.	Selección del conductor.	106
7.5.	Selección del centro de carga.	107
7.6.	Selección del interruptor termo magnético.	107
7.7.	Caída de tensión en una instalación.	108
7.8.	Selección del circuito de fuerza y mando	109
7.9.	Selección de la resistencia.	110
7.10.	Selección del termómetro.	110
7.11.	Selección del controlador de temperatura.	110
7.12.	Selección del variador de velocidad del motor.	111
Capítulo 8. Costos de producción de biodiesel.		112
8.1.	Consumo eléctrico:	112
8.2.	Consumo de agua.	113
8.3.	Consumo de metanol.	113
8.4.	Consumo de hidróxido de sodio (NaOH).	113



8.5.	Consumo de cebo de res	114
Capítulo 9. Costos de construcción de la planta piloto.		115
Capítulo 10. Construcción de los principales componentes.		117
10.1.	Construcción del tanque de metoxido.	117
10.2.	Construcción del reactor de biodiesel.	120
10.3.	Tabla resumen de materiales de construcción.....	122
Conclusiones.		124
Recomendaciones.		126
Bibliografía.		127
Glosario.		129
Anexos.		135



Índice de tablas.

Tabla 1. Eficiencia de soldadura.....	I
Tabla 2. Propiedades típicas del combustible diesel y el sebo.....	II
Tabla 3. Valores del factor A	II
Tabla 4. Valor del factor B	III
Tabla 5. Dimensiones estándares según la norma DIN28131	IV
Tabla 6. Dimensión de la propela.....	V
Tabla 7. Característica de potencia frente al número de Reynolds	VI
Tabla 8. Motor de 3/4HP.	VII
Tabla 9. Factor de diseño y esfuerzos cortantes de diseño para metales dúctiles.	VIII
Tabla 10. Selección de chaveta.....	IX
Tabla 11. Selección del pasador	X
Tabla 12. Estimaciones para la resistencia última a cortante.	XI
Anexo 13. Propiedades Físicas y Termodinámicas del Metanol	XII
Tabla 14. Motor de 1/4HP.	XIV
Tabla 15. Angular de $2 \times 2 \frac{1}{8}$ " ASMT A-36.....	XVI
Tabla 16. Electrodo E6013	XVII
Tabla 17. Electrodo E308L-16.....	XVIII
Tabla 18. Propiedades del acero ASTM – A36.....	XX
Tabla 19. Contactores.	XXI
Tabla 20. Relé de sobrecarga térmico.....	XXII
Tabla 21. Arrancador en caja.	XXIII
Tabla 22. Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre (AWG).	XXIV
Tabla 23. Conductor que alimenta el centro de carga.	XXV
Tabla 24. Centro de carga.....	XXVII



Tabla 25. Interruptor termo magnético.	XXVIII
Tabla 26. calefactor con tapón de acoplamiento en latón, en forma de U.....	XXIX
Tabla 27. Termocupla.....	XXX
Tabla 28. Controlador de temperatura.....	XXXII
Tabla 29. Variador de frecuencia del motor eléctrico de 3/4 HP.....	XXXV
Tabla 30. Compatibilidad de algunos materiales con las sustancias que intervienen en la producción de biodiesel.....	XXXVII
Tabla 31. Avellanados para tornillos y tuercas.	XXXVIII



Introducción.

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, esteres y otros compuestos químicos, producidos a partir de biomasa, como las plantas herbáceas, leñosas, residuos de la agricultura, actividad forestal, y una gran cantidad de desechos industriales, como los desperdicios de la industria alimenticia.

Entre los biocombustibles se pueden incluir al bioetanol, biodiesel, biometanol, y muchos otros. Los dos productos más desarrollados y empleados de esta clase de combustibles son, el bioetanol y el biodiesel.

El biodiesel es un combustible líquido que no contiene azufre, aromatizantes ni benceno, no es tóxico y es biodegradable. Se obtiene a partir de las grasas vegetales o animales y puede utilizarse en cualquier motor diesel como en camiones, autobuses, automóviles, etc. sin requerir de ninguna modificación.

En Nicaragua los precios de los derivados del petróleo sufren alzas continuas ocasionando el incremento de los precios de transporte público, la canasta básica y aumento en las tarifas del consumo energético. Como una alternativa a la crisis, existe interés en el país de diversificar la producción agrícola introduciendo cultivos específicos con fines energéticos.

La Universidad Nacional de Ingeniería, apoyada por el gobierno de Austria desarrollo en 1989 un proyecto para la siembra de 1000 hectáreas de tempate, con el objetivo de producir biodiesel en las zonas de Telica, León. Se instaló una planta industrial con una capacidad instalada de 8 mil toneladas de semilla.

Asimismo, se reportan proyectos tales como:

- ✓ Biodiesel a partir de fruto de tempate. Empresa Nicaragüense de Petróleo (PETRONIC), UNI.
- ✓ Biodiesel a partir de soya aceitera El Real, para uso de camiones de transporte.
- ✓ Biodiesel a partir de bo vacuno, empresa Proveedores de Palma y Aceite S.A (PALMASA), para uso en vehículos y generadores.



- ✓ Biodiesel a partir de palma africana Palmares El Castillo S.A (PALCASA) y Kukra Hill, venta comercial.

Los biocombustibles son la solución más próxima a la crisis energética mundial, principalmente el biodiesel, ya que puede utilizarse de forma directa en los motores diesel, en el presente proyecto se diseñará una planta de producción de biodiesel, cuyo proceso es discontinuo (batch) con una capacidad de producción de 50 litros por cada lote.



Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar una planta piloto producción de biodiesel para la universidad nacional de ingeniería.

Objetivos específicos.

- Realizar los cálculos de diseño de la planta piloto.
- Elaborar los planos de construcción de la planta.
- Estimar los costos de construcción de la planta.
- Plasmar los costos de producción del biodiesel.



Antecedentes.

Los profesores y estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), realizaron estudios acerca del mejoramiento de las técnicas de cultivo y producción de aceite destinados para producción de biodiesel.

Se han realizado investigaciones en cuanto a producción y calidad del biodiesel, pero se carece de estudios acerca del desempeño que tiene el combustible elaborado en motores de combustión, además, la calidad del biodiesel es vital para buen funcionamiento del motor y depende principalmente de la materia prima y de la eficiencia del proceso de transesterificación.

En Nicaragua, el problema de la contaminación atmosférica en las ciudades se debe fundamentalmente a las emisiones vehiculares, pero al incentivar a la población nicaragüense a que utilicen biodiesel como combustible alternativo contribuirían a reducir las emisiones de gases, ya que el CO₂ emitido por el biodiesel será absorbido por otros vegetales en el proceso de fotosíntesis.

Así, el uso de un motor de encendido por compresión con biodiesel no modifica el ciclo de carbono y sólo incorpora adicionalmente el CO₂ de la energía necesaria a la fabricación del combustible.



Justificación.

El diseño de una planta de producción de biodiesel es la primera fase de una serie de investigaciones necesarias para fomentar el uso del biodiesel como un combustible alternativo seguro y amigable al ambiente.

La calidad del biodiesel depende del proceso de producción y de la materia prima empleada. Por lo que es necesario caracterizar las propiedades del biodiesel obtenido por ejemplo de cebo de res, aceite de fritura, entre otros.

El proceso de producción empleado es discontinuo siendo uno de los más simples al funcionar por lotes, usa un reactor provisto con un agitador dentro del estanque donde tiene lugar la reacción química denominada transesterificación. Son relativamente económicos de construir y fáciles de operar.

En este proyecto se pretende diseñar una planta de producción de biodiesel con una capacidad de producción diaria de 200 litros.



Capítulo 1. Biodiesel.

1.1. Definición.

La definición de biodiesel propuesta por la ASTM (American Society for Testing and Material Standard) lo describe como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas animales, y que se emplean en motores de ignición por compresión (motores diesel). Sin embargo, los ésteres más utilizado, son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceite vegetal o grasa animal) debido a su bajo costo, ventajas químicas y físicas.

1.2. Ventajas técnicas:

- El biodiesel tiene propiedades físicas y químicas similares a las del diesel convencional, desde 1995 se puede utilizar de forma directa en cualquier motor diesel sin necesidad de realizar ningún tipo de modificación en el motor, el sistema de encendido, o los inyectores de combustible. El biodiesel es, por lo tanto, el único combustible alternativo que puede aprovecharse de manera directa en los equipos existentes, tales como motores, motobombas, grupos electrógenos u otros.
- Asimismo, el biodiesel puede ser bombeado, almacenado, y manipulado usando la misma infraestructura, los mismos equipos, y los mismos procedimientos que normalmente se emplean con el diesel convencional. Para el caso específico del almacenamiento, los tanques más adecuados son los de acero inoxidable, polipropileno fluorado, polietileno fluorado, teflón y fibra de vidrio. Se deben evitar los tanques revestidos en concreto, o aleaciones que contengan cobre, plomo, zinc y estaño, pues estos metales pueden catalizar reacciones químicas de degradación del combustible.



- El encendido, rendimiento, desgaste, torque y potencia de los motores utilizando biodiesel puro o mezclado es similar al que genera el diesel convencional. El consumo de combustible, en el caso del biodiesel puro, se ve levemente afectado debido a que el biodiesel tiene ligeramente menos poder calorífico que el diesel: 1 litro de diesel derivado del petróleo equivale energéticamente a 1,05 – 1,10 litros de biodiesel.
- Para reducir la contaminación atmosférica es necesario disminuir los niveles de sulfuro en los combustibles, lo cual es una de las ventajas presente en el biodiesel que prácticamente no contiene sulfuros.
- El uso del biodiesel ayuda a extender la vida de los motores; dado que el biodiesel tiene poco azufre y alta lubricidad, su uso en mezclas puede mejorar notablemente la lubricidad del diesel, alargando la vida del motor y mejorando las emisiones.
- El biodiesel es mucho más seguro de operar, transportar y almacenar que el diesel convencional por tener un punto de inflamación elevado cercano a los 130°C y al no producir vapores explosivos, utilizándose la misma infraestructura y procedimiento para la manipulación y almacenaje.

1.3. Tecnologías para la producción de biodiesel.

En un contexto general, desde el punto de vista investigativo, el biodiesel, presenta una creciente evolución en el tiempo, igual tendencia muestran las tecnologías para su producción.

A nivel general son tres metodologías las que se han estudiado más extensamente para la producción de biodiesel. Éstas son las siguientes:

- Microemulsión.
- Pirolisis.
- Transesterificación.



Pero la transesterificación es la de mayor interés industrial. Por esta razón, la transesterificación de triglicéridos, catalizada sea con bases, ácidos o enzimas a menudo es objeto de estudio.

1.3.1. Microemulsiones.

Los aceites vegetales y grasas animales tienen una viscosidad considerablemente mayor al diesel convencional. Para solucionar el problema de la alta viscosidad de aceites vegetales, se ha estudiado las microemulsiones de aceites con disolventes como el metanol, etanol y 1-butanol al que se le añade un agente surfactante.

Una microemulsión está definida como una dispersión de equilibrio coloidal de fluidos inmiscibles que contienen microestructuras. Las microemulsiones pueden ser iónicas o no-iónicas según el surfactante empleado.

El alcohol utilizado en esta técnica preferentemente es el metanol por su disponibilidad y ventaja económica con respecto a otros alcoholes. Se observó que esta microemulsión obtenida producía un menor desgaste del motor que el diesel convencional, pero provocaba, entre otros aspectos desfavorables grandes depósitos de carbón, laca en la punta de los inyectores, una combustión incompleta y muchas veces la viscosidad de dicha microemulsión no cumplía con los límites exigidos.

1.3.2. Pirolisis.

Otro proceso que se puede aplicar a los aceites vegetales para mejorar sus cualidades como combustible es la pirolisis química. Este método, consiste en la conversión de una sustancia en otra por aplicación de calor en ausencia de oxígeno.

Utilizado en los años 40 para producir productos combustibles a partir de grasas y aceites, ha sido estudiado en aceites de palma, soya y colza. Como productos de pirolisis se obtienen olefinas, parafinas, una mezcla de esteres insaturados, CO, CO₂ y H₂.



Se obtienen productos que son químicamente similares a la gasolina derivada del petróleo, sin embargo, este método presenta los inconvenientes de que el equipamiento es caro y de que se producen productos secundarios de escaso valor, además este método al tratarse de un combustible en ausencia de oxígeno afecta al medio ambiente en mayor medida que el uso de un combustible oxigenado.

1.3.3. Transesterificación

Los aceites vegetales y grasas animales son triglicéridos que contienen entre 7-13% de glicerina. Para fabricar biodiesel se requiere transformar los triglicéridos en ésteres por medio de una reacción química con un alcohol (metanol o etanol), utilizando un catalizador apropiado.

La reacción química utilizada como proceso industrial para la producción de biodiesel, es la transesterificación básica o alcoholisis de triglicéridos (TG).

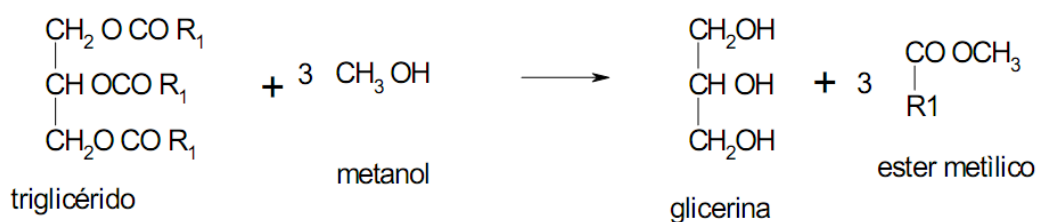


Imagen 1. Transesterificación básica con metanol.

Usualmente, metanol en exceso es mezclado con los triglicéridos en presencia de hidróxido de sodio. La conversión mayor es de 93–98%, con un tiempo de reacción de 1 hora para aceites de soya, girasol, maní y algodón a 60°C con una relación molar de 6:1 (metanol: aceite).

La transesterificación consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido (TG) es convertido consecutivamente en diglicérido (DG), monoglicérido (MG) y glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado, (ver imagen 2.).

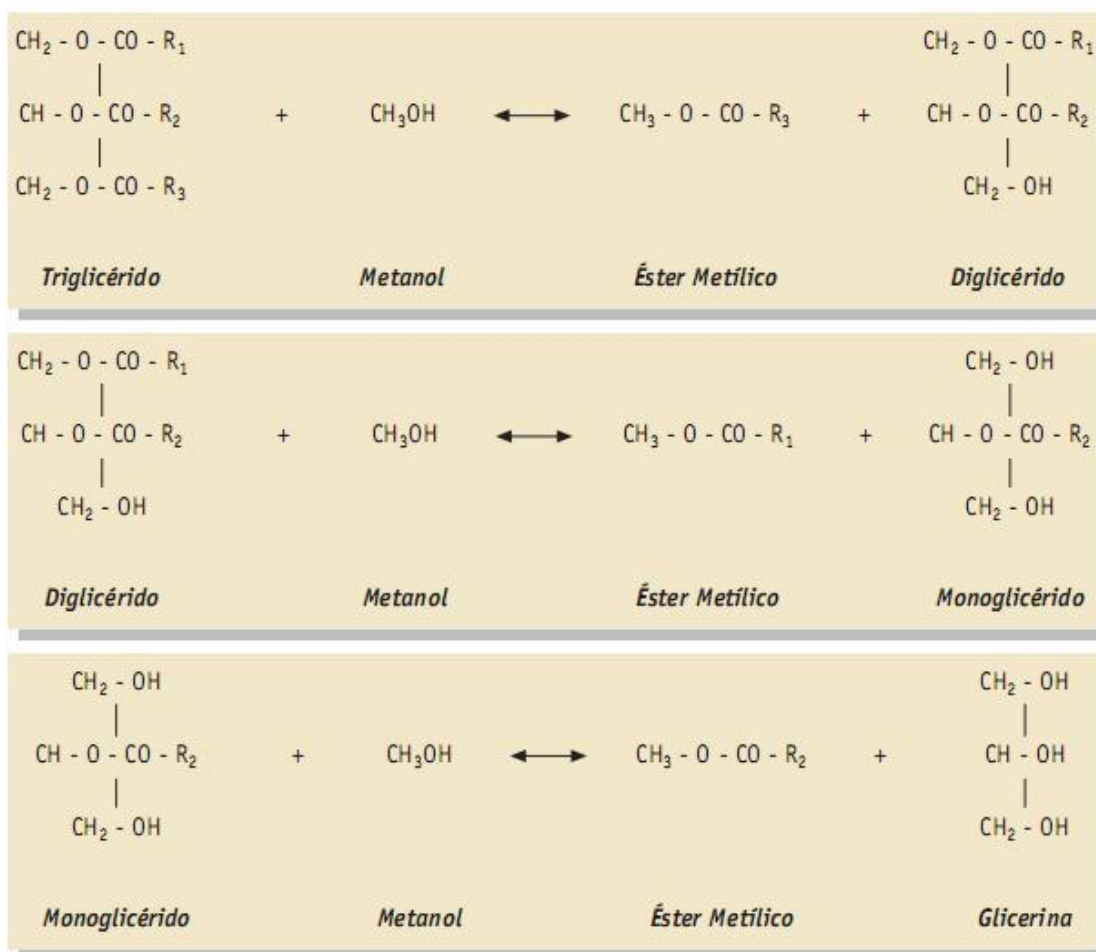


Imagen 2. Reacciones involucradas en el proceso.

La conversión y rendimiento de la reacción de transesterificación se ven afectados por variables como la relación molar de alcohol:aceite, la temperatura, impurezas y el catalizador. Una relación molar de 6:1 es recomendada para la óptima conversión de TG. Relaciones menores resultan en bajas conversiones y el exceso de alcohol causa problemas en la separación del glicerol e incrementa los costos de producción.

Generalmente, la reacción de transesterificación es llevada a cabo a temperaturas entre 50-55°C. Aunque la reacción inicial es controlada por la transferencia de masa y altas temperaturas resultan en altas velocidades de reacción debido al incremento de la solubilidad del aceite y alcohol, debe tenerse en cuenta que la materia prima esté debidamente tratada para evitar problemas de saponificación y otras reacciones laterales.



El proceso de producción de biodiesel usando catalizadores básicos es sensible al contenido de agua y ácidos grasos libres, ya que estos favorecen la saponificación (formación de jabón) dificultando la separación del producto deseado a la salida del reactor. Un contenido menor a 0.5% en peso de ácidos grasos libres en la materia prima es recomendado para lo cual es posible someter la materia prima a un primer paso de esterificación con metanol usando un catalizador ácido, de tal modo que se obtenga una mezcla de triglicéridos y metilésteres con contenidos de ácidos grasos libres (%AGL) menor al 0.5%.

1.4. Procesos tecnológicos para producir biodiesel

Los equipos básicos usados en la producción de biodiesel son reactores, tanques agitados, bombas centrífugas, columnas de destilación y tanque de almacenamiento, entre otros. Pero es el reactor el único equipo donde se da la reacción. De esta forma es posible hablar de reactores operados por lotes y en continuo.

Las principales variables que determinan el grado de conversión son el tipo, calidad y cantidad de alcohol así como de catalizador, la temperatura, presión, tiempo de reacción (tiempo de residencia) y velocidad de mezclado. En general, incrementando la temperatura es posible disminuir el tiempo de residencia.

1.4.1. Proceso continuo

Convencionalmente, la transesterificación puede llevarse a cabo usando catalizadores alcalinos, ácidos o enzimas. En el caso de los catalizadores alcalinos, estos son muy sensibles a los contenidos de agua y ácidos grasos libres, así tanto los glicéridos como el alcohol deben ser anhidros ya que el agua ocasiona reacciones de saponificación, la cual produce jabón, de manera que reduce la eficiencia catalítica, aumenta la viscosidad de la mezcla reaccionante, incrementa la formación de geles y dificultan los procesos de separación.

Hay cantidad de procesos que usan un régimen intenso de mezclado ya sea usando bombas o agitadores mecánicos, para iniciar la reacción de esterificación.

Una variación del proceso por lotes hace uso de reactores agitados en serie (figura 3.). También es posible llevar a cabo el proceso en un reactor tubular, donde la mezcla reaccionante se mueve en este tipo de reactor en un flujo tipo pistón, con un pequeño mezclado en dirección axial. El resultado es un sistema continuo que requiere cortos tiempos de residencia (6 a 10 min) para lograr reacción completa.

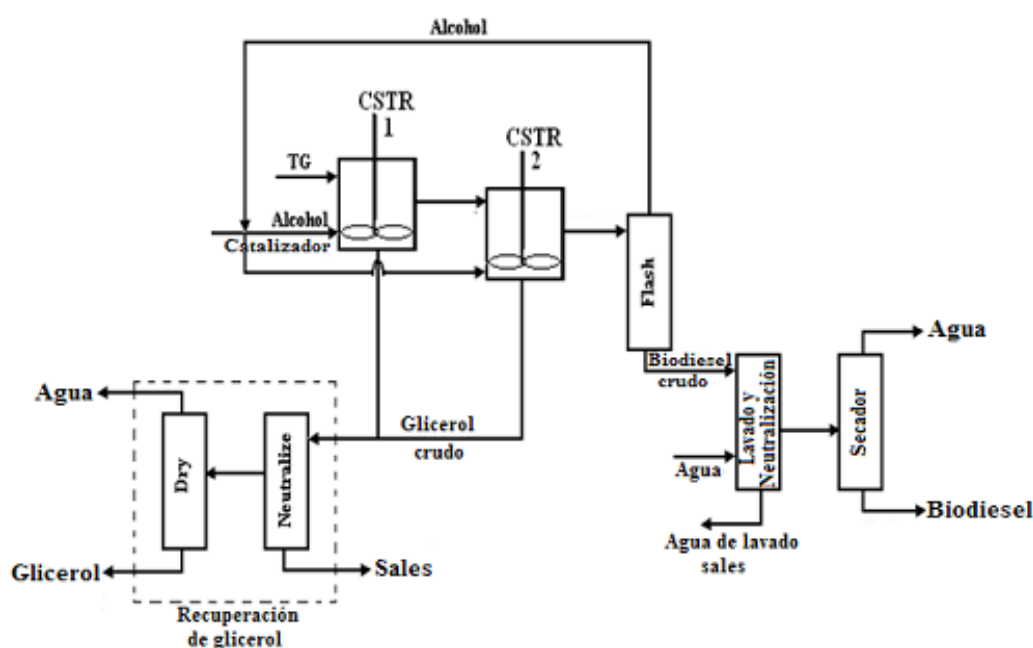


Figura 3. Proceso continuo para la producción de biodiesel.

1.4.2. Proceso por lotes

El proceso más simple para la producción de ésteres es el proceso por lotes en un reactor de tanque agitado.

La temperatura de operación se encuentra alrededor de 25-65°C y el catalizador más comúnmente usado es hidróxido de sodio aunque hidróxido de potasio también ha sido utilizado y la cantidad usada está entre el 3-1.5%. A altas relaciones de alcohol:aceite y altas temperaturas se han obtenido conversiones entre el 85 y 95%. Los rangos de tiempo típicos se encuentran entre 20 minutos y 1 hora.



Para la transesterificación, el aceite es alimentado primero al sistema, seguido del metoxido. El sistema es agitado mientras dura la reacción, luego se detiene la agitación para iniciar la separación del éster y el glicerol. En otros procesos la mezcla resultante de la reacción es bombeada a tanques separadores o es separada usando una centrífuga. El alcohol es separado de la corriente de glicerol y el éster usando un evaporador o flash.

Los ésteres son neutralizados, lavados a temperaturas suaves, tratados con ácido diluido en agua para remover sales, regular el PH, metanol residual y luego se somete a un proceso de secado. Finalmente el biodiesel es almacenado. El glicerol es también neutralizado y lavado para ser enviado a la unidad de refinamiento de glicerol (figura 4.).

La presencia de ácidos grasos libres en grandes cantidades ocasiona la formación de jabón cuando se trabaja con catalizadores básicos, la máxima cantidad de ácidos grasos libres recomendada se encuentra entre el 2 y 1%.

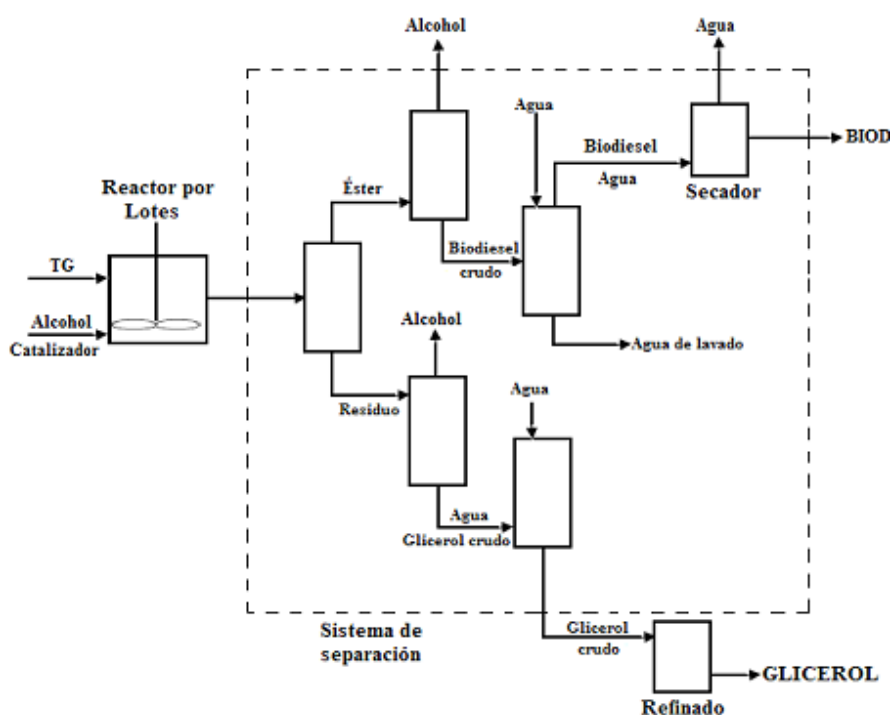


Figura 4. Proceso discontinuo para la producción de biodiesel.



1.5. Materias primas.

Entre las principales materias primas para la elaboración de biodiesel se puede mencionar: aceites de colza, maíz, soya, girasol y palma entre otros. Sebo de carne, vísceras, aceites de aves de corral y otros de origen animal, así como el aceite de cocina también son fuentes de materia prima.

Varios aceites han sido usados como materia prima, en diferentes países, dependiendo de su disponibilidad en cada región. El aceite de soya es comúnmente usado en Estados Unidos, China, Turquía, Argentina y Brasil. El aceite de colza es usado en muchos países de Europa, Estados Unidos y otros países, mientras que los aceites de coco y palma son usados en países como Malasia e Indonesia. En India y Sudeste asiático, el aceite de tempate es usado como una importante fuente para la producción de biodiesel.

En la actualidad se está incursionando en el uso de otras materias primas como aceite de semillas de mostaza, girasol y algodón. En cuanto a las grasas animales, las más consideradas son las provenientes de aves de corral, ganado vacuno y porcino.

A pesar de la cantidad de materias primas estudiadas, la producción sostenible de energía renovable está siendo objeto de acalorados debates a nivel mundial, debido al uso de cultivos destinados a la alimentación, en especial el uso de semillas oleaginosas para la producción de combustibles de primera generación como el biodiesel.

Por lo antes mencionado ha venido cobrando interés el desarrollo de una segunda generación de biocombustibles producidos de materias primas no alimenticias como lo son las algas y micro algas, que ofrecen grandes oportunidades a largo plazo. La producción de ésteres metílicos de aceites de micro algas ha sido demostrada.

A diferencia de la composición química del diesel, que contiene cientos de compuestos diferentes, la composición química de las diferentes grasas y aceites utilizados para fabricar biodiesel, no varía mucho entre sí. Cada molécula de grasa o aceite contiene un esqueleto de tres carbonos, y cada uno de esos carbonos tiene acoplada una cadena de ácidos grasos. Estas



cadena son las que reaccionan con alcohol metílico, para obtener el biodiesel.

1.6. Alcohol.

El alcohol es el principal insumo para la producción de biodiesel. En volumen, representa alrededor del 15-20% de los insumos consumidos. Los alcoholes que comúnmente se utilizan para producir biodiesel son metanol y etanol. Se puede utilizar otros alcoholes: propanol, isopropanol, butanol y pentanol, pero estos son mucho más sensibles a la contaminación con agua (es decir, la presencia de agua en mínimas cantidades inhibe la reacción).

1.6.1. El metanol:

El metanol es tóxico cuando se ingiere, se inhala o al contacto con la piel, y además altamente inflamable, sus gases se encienden a una temperatura de 12°C. Por encima de esta temperatura las mezclas de aire y vapor de metanol (con al menos 6% de metanol) son explosivos.

Existe riesgo de explosión e incendio cuando el metanol está expuesto al calor, chispas, llamas o descargas de energía estática. Además, el metanol arde con una llama incolora, de manera que no es fácil notar si se enciende.

Medidas de seguridad contra incendios son necesarias al trabajar con metanol, así como adecuada ventilación y etiquetado, sistemas cerrados de manipulación y equipamiento de protección personal para evitar el contacto, inhalación o ingestión de este alcohol.

Cabe mencionar además que el metanol se obtiene principalmente de fuentes fósiles no renovables: del gas natural o gas metano. También es posible obtenerlo mediante destilación seca de la madera, pero este proceso aún no se aplica a gran escala.

1.6.2. El etanol.

El etanol es menos tóxico, aunque puede tener efectos negativos (ebriedad, coma etílica) cuando se ingiere en grandes cantidades, pero también es altamente inflamable.



Su uso requiere de menores medidas de seguridad ocupacional, pero sí de seguridad contra incendios. La desventaja de su uso para producir biodiesel es que es mucho menos reactivo que el metanol, y la transesterificación se ve afectada principalmente por cualquier cantidad de agua presente en los insumos.

Se requiere entonces que el etanol utilizado tenga una pureza superior al 99%, y que los otros insumos (aceite y catalizador) sean igualmente de muy alta pureza. Es por esto que en la mayoría de plantas de producción de biodiesel utilizan metanol pese a su toxicidad.

El etanol proviene de materias primas renovables: caña de azúcar, remolacha azucarera, papa, otros vegetales celulósicos, etc.

Una de las variables más importantes que afectan el rendimiento de la transesterificación es la razón molar entre el alcohol y los triglicéridos. Por razón molar se entiende la cantidad de moléculas de alcohol necesarias para reaccionar con una molécula de triglicérido o aceite. Se requieren 3 moléculas de alcohol y una de triglicérido para producir 3 moléculas de biodiesel y una de glicerol.

Sin embargo, la transesterificación es una reacción de equilibrio reversible, es decir, se necesita un gran exceso de alcohol para forzar la reacción hacia la derecha (es decir, hacia los productos buscados, biodiesel y glicerol). Por esto, en la práctica, cuando se trabaja con metanol se recomienda una razón molar de 6:1 para asegurar una conversión máxima de los triglicéridos a ésteres.

En el caso del etanol, algunos estudios indican que una razón molar de 9:1 sería la más apropiada. Si la cantidad de alcohol no es suficiente, el producto contendrá monoglicérido y diglicéridos (productos intermedios de la transesterificación), los cuales cristalizan muy fácilmente en el biodiesel y pueden causar taponamiento de los filtros y otros problemas en el motor.



1.7. Selección de método e insumo de la planta.

La metodología seleccionada para la de producción de biodiesel es la transesterificación catalizada por base, que tiene entre otras ventajas, altos grados de conversión (98%) con mínimas reacciones secundarias, conversión directa de biodiesel sin compuestos intermediarios, cortos tiempos de reacción y operación a baja presión y temperatura.

Se selecciona el proceso por lotes por ser el más simple para la producción de biodiesel, tiene gran flexibilidad para la realización de ajustes cuando se presentan variaciones de materia prima y permite producir biodiesel en cantidades pequeñas.

El alcohol seleccionado es el metanol por su bajo costo en comparación al etanol y por que la relación molar para la conversión es menor (6:1) que la del etanol (9:1).

Se ha seleccionado hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador, que es comúnmente utilizado en la industria por ser menos sensible a la humedad en comparación al hidróxido de potasio (KOH).

La materia prima seleccionada es el sebo de res ya que en el país no existe ningún cultivo dedicado a la producción energética, los aceites vegetales hoy en día tienen un costo de C\$40 el litro en comparación al sebo de res su precio es de C\$13.42 el litro, esta disparidad de costo trae consigo ventajas económicas, además, el sebo de res presenta una densidad mayor al de los aceites vegetales, esto conlleva a que la planta pueda operar con cualquier tipo de materia prima.



Capítulo 2. Generalidades de diseño.

Son aclaraciones, descripciones y definiciones acerca del uso, características y aplicaciones de aquellos componentes que contribuyen a la construcción de la planta piloto de producción de biodiesel.

2.1. Recipiente a presión.

Se considera como un recipiente a presión cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones. Los recipientes cilíndricos citados en este trabajo, son calculados como cilindros de pared delgada.

Los diferentes tipos de recipientes a presión que existen, se clasifican de la siguiente manera:

2.1.1. Por su uso.

Por su uso los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión, y de acuerdo con su servicio son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.

Los recipientes a presión de proceso tienen múltiples y muy variados usos, entre ellos podemos citar los intercambiadores de calor, reactores, torres fraccionadoras, torres de destilación, etc.

2.1.2. Por su forma.

Por su forma, los recipientes a presión, pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros pueden ser horizontales o verticales, y pueden tener, en algunos casos, chaquetas para incrementar o disminuir la temperatura de los fluidos según el caso.



Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a altas presiones.

Puesto que la forma esférica es la forma “natural” que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna, ésta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión, sin embargo, la fabricación de este tipo de recipientes es mucho más cara en comparación con los recipientes cilíndricos.

2.2. Tipos de presión.

2.2.1. Presión de operación (P_o).

Es identificada como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.

2.2.2. Presión de diseño (P_d).

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, dicho valor será el siguiente:

Si $P_o > 300 \text{ lb/pulg}^2$ Si $P_o \leq 300 \text{ lb/pulg}^2$.

$P_d = 1.1 * P_o$. $P_d = P_o + 30 \text{ lb/pulg}^2$.

Donde **P_d** es la presión de diseño, y **P_o** es la presión de operación. Al determinar la presión de diseño (**P_d**), debe tomarse en consideración la presión hidrostática debida a la columna del fluido que estemos manejando, si éste es líquido sobre todo en recipientes cilíndricos verticales.

Nota: tomado de Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión./Pág. 1

2.2.3. Presión de trabajo máxima permisible.

Es la presión máxima a la que se puede someter un recipiente, en condiciones de operación, suponiendo que él está:

- ✓ En condiciones después de haber sido corroído.



- ✓ Bajo los efectos de la temperatura de diseño.
- ✓ En la posición normal de operación.
- ✓ Bajo los efectos de otras cargas, tales como fuerza debida al viento, presión hidrostática, etc., cuyos efectos deben agregarse a los ocasionados por la presión interna.

Es una práctica común, seguida por los usuarios, diseñadores y fabricantes de recipientes a presión, limitar la presión de trabajo máxima permisible por la resistencia del cuerpo o las tapas, y no por elementos componentes pequeños tales como bridas, boquillas, etc.

2.3. Eficiencia de las soldaduras (E).

Se puede definir la eficiencia de las soldaduras, como el grado de confiabilidad que se puede tener de ellas. Sus valores están dados en la **tabla 1.**, en la cual se muestran los tipos de unión más comúnmente usados en la fabricación de recipientes a presión.

2.4. Temperatura de diseño (T_d).

No debe ser menor a la temperatura promedio del metal a través del espesor, que se espera a la más severa coincidente temperatura y presión durante la operación normal más 10 °C.

2.5. Tipos de tapas.

Para “cerrar” recipientes cilíndricos, existen varios tipos de tapas, entre otras tenemos las siguientes: Tapas planas, planas con ceja, abombadas, semielípticas, semiesféricas, tapas cónicas, etc.

Las características principales y usos de estas tapas son:

2.5.1. Tapas planas.

Se utilizan para “**cerrar**” recipientes sujetos a presión atmosférica generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes sujetos a presión. Su costo entre las tapas es el más bajo, se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.

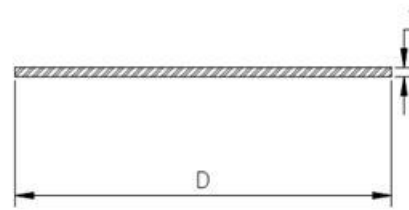


Figura 5. Tapas planas.

2.5.2. Tapas planas con ceja.

Al igual que las anteriores, se utilizan generalmente para presiones atmosféricas, su costo también es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 metros de diámetro máximo.

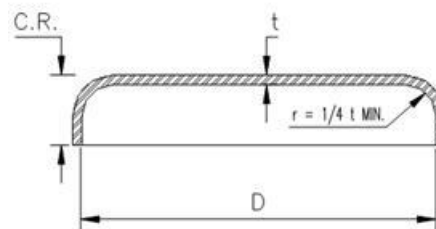


Figura 6. Tapas planas con ceja.

2.5.3. Tapas únicamente abombadas.

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada al efectuar un cambio brusco de dirección.

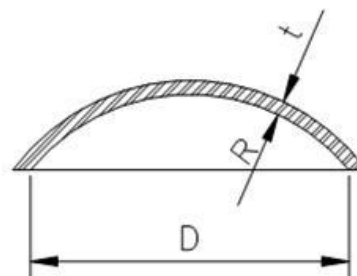


Figura 7. Tapas únicamente abombadas.

2.5.4. Tapas toriesféricas

Son las que mayor aceptación tienen en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan altas presiones manométricas, su característica principal es que el radio de abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 metros.

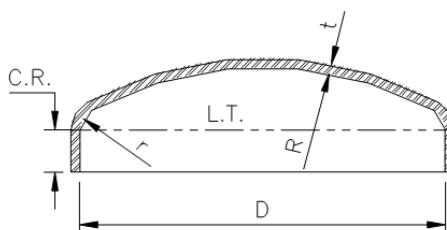


Figura 8. Tapas toriesféricas.

2.5.5. Tapas semielípticas.

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es el troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto.

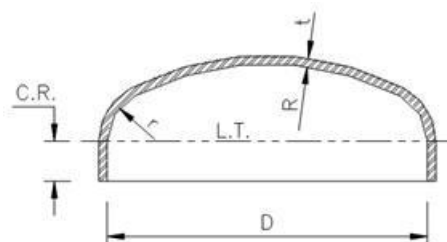


Figura 9. Tapas semielípticas.

2.5.6. Tapas semiesféricas.

Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas. Como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.

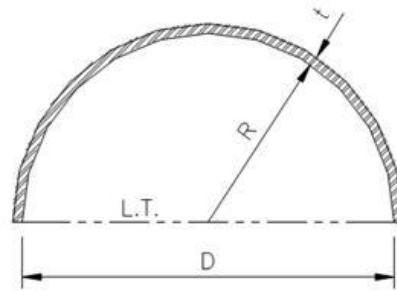


Figura 10. Tapas semiesféricas.

2.5.7. Tapas cónicas.

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos.

Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límite en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo del vértice no deberá ser mayor de 60° . Las tapas cónicas con ángulo mayor de 60° en el vértice, deberán ser calculadas como tapas planas. Deberá tenerse la precaución de reforzar las uniones cono-cilindro de acuerdo al procedimiento.

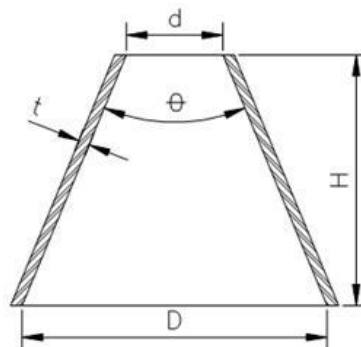


Figura 11. Tapas cónicas.

2.6. Tipo de agitadores.

Los agitadores se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelas al eje del agitador y los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial. Los primeros se llaman agitadores de flujo axial y los segundos agitadores de flujo radial.



Los tres tipos principales de agitadores son, de hélice, de paletas, y de turbina. Cada uno de estos tipos comprende muchas variaciones y subtipos que no consideraremos aquí. En algunos casos también son útiles agitadores especiales, pero con los tres tipos antes citados se resuelven, quizás, el 95% de los problemas de agitación de líquidos.

2.6.1. Agitadores de hélices.

Un agitador de hélice, es un agitador de flujo axial, que opera con velocidad elevada y se emplea para líquidos pocos viscosos. Los agitadores de hélice más pequeños, giran a toda la velocidad del motor, unas 1,150 ó 1,750 rpm; los mayores giran de 400 a 800 rpm. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque.

La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado, generando un efecto considerablemente mayor que el que se obtendría mediante una columna equivalente creada por una boquilla estacionaria.

Las palas de la hélice cortan o friccionan vigorosamente el líquido. Debido a la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño. Para tanques extraordinariamente grandes, del orden de 1500m^3 se han utilizado agitadores múltiples, con entradas laterales al tanque.

El diámetro de los agitadores de hélice, raramente es mayor de 45 cm, independientemente del tamaño del tanque. En tanques de gran altura, pueden disponerse dos o más hélices sobre el mismo eje, moviendo el líquido generalmente en la misma dirección. A veces dos agitadores operan en sentido opuesto creando una zona de elevada turbulencia en el espacio comprendido entre ellos.



2.6.2. Agitadores de paletas.

Para problemas sencillos, un agitador eficaz está formado por una paleta plana, que gira sobre un eje vertical. Son corrientes los agitadores formados por dos y tres paletas. Las paletas giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas.

Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo. Las paletas también pueden adaptarse a la forma del fondo del tanque, de tal manera que en su movimiento rascan la superficie o pasan sobre ella con una holgura muy pequeña. Un agitador de este tipo se conoce como agitador de ancla.

Estos agitadores son útiles cuando se desea evitar el depósito de sólidos sobre una superficie de transmisión de calor, como ocurre en un tanque enchaquetado, pero no son buenos mezcladores. Generalmente trabajan conjuntamente con un agitador de paletas de otro tipo, que se mueve con velocidad elevada y que gira normalmente en sentido opuesto.

Los agitadores industriales de paletas giran a una velocidad comprendida entre 20 y 150 rpm. La longitud del rodete de un agitador de paletas es del orden de 50 al 80% del diámetro interior del tanque. La anchura de la paleta es de un sexto a un décimo de su longitud.

A velocidades muy bajas, un agitador de paletas produce una agitación suave, en un tanque sin placas deflectoras o cortacorrientes, las cuales son necesarias para velocidades elevadas. De lo contrario el líquido se mueve como un remolino que gira alrededor del tanque, con velocidad elevada pero con poco efecto de mezcla.

2.6.3. Agitadores de turbina.

La mayor parte de ellos se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado



centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado. El diámetro del rodete es menor que en el caso de agitadores de paletas, siendo del orden del 30 al 50% del diámetro del tanque.

Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas deflectoras o un anillo difusor, con el fin de que el rodete sea más eficaz.

El agitador de turbina semiabierto, conocido como agitador de disco con aletas, se emplea para dispersar o disolver un gas en un líquido. El gas entra por la parte inferior del eje del rodete; las aletas lanzan las burbujas grandes y las rompen en muchas pequeñas, con lo cual se aumenta grandemente el área interfacial entre el gas y el líquido.

2.7. Tipos de flujos en tanques agitados.

El tipo de flujo que se produce en un tanque agitado, depende del tipo de rodete, de las características del fluido y del tamaño y proporciones del tanque, placas deflectoras y agitador. La velocidad del fluido en un punto del tanque tiene tres componentes y el tipo de flujo global en el mismo, depende de las variaciones de estas tres componentes de la velocidad, de un punto a otro. La primera componente de velocidad es radial y actúa en dirección perpendicular al eje del rodete. La segunda es longitudinal y actúa en dirección paralela al eje. La tercera es tangencial o rotacional, y actúa en dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el rodete.

Para el caso corriente de un eje vertical, las componentes radial y tangencial están en un plano horizontal y la componente longitudinal es vertical. Las componentes radial y longitudinal son útiles porque dan lugar al flujo



necesario para que se produzca la mezcla. Cuando el eje es vertical y está dispuesto en el centro del tanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial para la mezcla. El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje y crea un vórtice en la superficie del líquido que debido a la circulación en flujo laminar, da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles, de sustancias sin mezclar, sin que exista flujo longitudinal de un nivel a otro. Si están presentes partículas sólidas, las corrientes circulatorias tienden a lanzar las partículas contra la pared del tanque, debido a la fuerza centrífuga, desde donde caen acumulándose en la parte central del fondo del tanque. Por consiguiente en vez de mezcla, se produce la acción contraria.

En un tanque sin placas deflectoras, el flujo circulatorio es inducido por todos los tipos de rodete, tanto si el flujo es axial como radial. Si los remolinos son intensos, el tipo de flujo dentro del tanque es esencialmente el mismo, independientemente del diseño del rodete. Para velocidades de giro del rodete elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que llegue al rodete mismo, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él, lo cual normalmente debe evitarse.

2.8. Formas de evitar remolinos.

2.8.1. Colocando el agitador fuera del eje central del tanque.

En tanques pequeños se debe colocar el rodete separado del centro del tanque, de tal manera que el eje del agitador no coincida con el eje central del tanque. En tanques mayores el agitador puede montarse en forma lateral, con el eje en un plano horizontal, pero no en la dirección del radio.

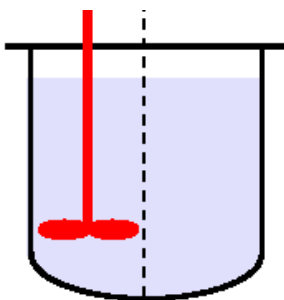


Imagen 12. Agitador fuera del eje central.



2.8.2. Instalando placas deflectoras.

Estas son placas verticales perpendiculares a la pared del tanque. En tanques pequeños son suficientes 4 placas deflectoras, para evitar remolinos y formación de vórtice. El ancho de las placas no debe ser mayor que un doceavo del diámetro del tanque. Cuando se usan agitadores de hélice, el ancho de la placa puede ser de un octavo del diámetro del tanque. Si el eje del agitador está desplazado del centro o inclinado, no se necesitan placas deflectoras.

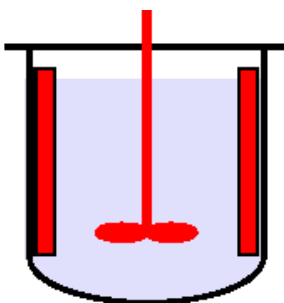


Imagen 13. Placas deflectoras.

Cuando no se presentan remolinos, el tipo de flujo específico depende del tipo de rodete:

- ✓ Los agitadores de hélice impulsan el líquido hacia el fondo del tanque, desde donde la corriente se extiende subiendo por las paredes y retornando hacia la hélice. Se emplean cuando se desean intensas corrientes verticales, por ejemplo para mantener en suspensión partículas sólidas pesadas. No se emplean cuando la viscosidad del líquido es superior a los 5.000 centipoises.
- ✓ Los agitadores de paletas producen un flujo radial intenso en el plano próximo a las palas, pero prácticamente no dan lugar a corrientes verticales. Estos agitadores no son eficaces para mantener sólidos en suspensión.
- ✓ Los agitadores de turbina impulsan al líquido radialmente contra las paredes laterales del tanque, desde donde la corriente se divide, una



parte fluye hacia arriba y otra parte hacia el fondo, retornando ambas al rodete. Por lo que producen dos corrientes de circulación separadas. Dan excelentes resultados en la mezcla de líquidos que tienen aproximadamente la misma densidad relativa.

2.9. Consumo de potencia del agitador.

Las variables que pueden ser controladas y que influyen en la Potencia consumida por el agitador son:

- ✓ Dimensiones principales del tanque y del rodete: Diámetro del tanque (D_t), Diámetro del agitador (D_{ag}), altura del líquido (H), ancho de la placa deflectora (δ_1), distancia del fondo del tanque hasta el rodete (δ_2), y dimensiones de las paletas.
- ✓ Viscosidad (μ) y densidad (ρ) del fluido.
- ✓ Velocidad de giro del agitador (n).

El cálculo de la potencia consumida se hace a través de números adimensionales, relacionando por medio de gráficos el número de Reynolds (Re_c) y el Número de Potencia (N_p). Estas gráficas dependerán de las características geométricas del agitador y de si están presentes o no, las placas deflectoras.

$$Re_c = \text{Esfuerzo de Inercia} / \text{Esfuerzo Cortante}$$

$$Re_c = \frac{\rho * n * d_{ag}^2}{\mu}$$

Donde:

Re_c = régimen de agitación.

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).

d_{ag} = diámetro del agitador (m).

μ = viscosidad dinámica ($\text{pa}\cdot\text{s}$).

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 22.



Número de Potencia = Esfuerzo de Frotamiento / Esfuerzo de Inercia.

La potencia teórica del agitador ($p_{teorica}$) se calcula con la siguiente fórmula:

$$p_{teorica} = N_p \rho n^3 d_{ag}^5$$

Donde:

N_p = número de Potencia.

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).

d_{ag} = diámetro del agitador (m).

N_p = Número de Potencia = esfuerzo de frotamiento / esfuerzo de inercia.

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 35.

La potencia necesaria de agitación ($p_{necesaria}$) queda determinada en función del rendimiento del motor eléctrico.

$$p_{necesaria} = \frac{p_{teorica}}{\eta}$$

Donde:

$p_{teorica}$ = potencia teórica del agitador

μ = rendimiento del motor (80%).

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 25.

2.10. Uniones por soldadura.

Se llama soldadura a la unión de dos piezas metálicas de igual o parecida composición, de forma que la unión quede rígida.

Esto se consigue bien por el efecto de fusión que proporciona la aportación de calor, bien por la aportación de otro metal de enlace o por la combinación de ambos efectos.



Existen cerca de cuarenta sistemas de soldar, pero el más importante para las estructuras metálicas es el sistema de soldadura por fusión.

En las soldaduras por fusión el calor proporcionado funde los extremos de las piezas y al solidificar se produce la unión.

Existen diferentes tipos de soldadura por fusión, pero los más utilizados son dos:

- ✓ Soldadura autógena.
- ✓ Soldadura por arco eléctrico, que es la que se utiliza en estructuras metálicas.

2.10.1. Soldadura autógena

En la soldadura autógena el calor lo proporciona una llama producida por la combustión de una mezcla de acetileno y oxígeno, en la proporción 1:1, que se hace arder a la salida de una boquilla. La temperatura alcanzada en la llama es de unos 1300° C. El calor producido funde los extremos a unir, con lo que se obtiene, después de la solidificación, un enlace homogéneo.

Aunque este tipo de soldadura todavía se utiliza en los talleres mecánicos, no es correcta su utilización en uniones sometidas a esfuerzos, ya que por efecto de la temperatura se provocan unas tensiones residuales muy elevadas, siendo en general más lenta y costosa que la soldadura por arco.

De todas formas, cuando el soplete oxiacetilénico se utiliza en la soldadura de piezas, se le suele completar con un alambre de material de aportación que se funde al mismo tiempo que los bordes de las piezas, formando en conjunto el cordón de soldadura.

El tamaño de la boquilla del soplete es aproximadamente igual que el espesor de las chapas a unir.



2.10.2. Soldadura por arco eléctrico

La soldadura por arco eléctrico se basa en que si a dos conductores en contacto se les somete a una diferencia de potencial, establecemos entre ambos una corriente eléctrica.

Si posteriormente se les separa, provocamos una chispa, cuyo efecto es ionizar el gas o el aire que la rodea, permitiendo así el paso de la corriente, a pesar de no estar los conductores en contacto. Con esto lo que hacemos es crear entre ellos un arco eléctrico por transformación de la energía eléctrica en energía luminosa y calorífica.

El calor provocado por el arco no sólo es intenso, sino que además está muy localizado, lo que resulta ideal para la operación de soldar. Las temperaturas alcanzadas son del orden de 3500°C.

En el circuito eléctrico formado por los electrodos y el arco, la intensidad de corriente depende de la tensión y de la resistencia del circuito. Si los electrodos se acercan o se separan variará la resistencia y la intensidad y, por lo tanto, la energía se transformará en calor, con lo que la soldadura no será uniforme.

Desde el punto de vista práctico quiere decir que para obtener soldaduras uniformes es imprescindible mantener constante la separación de los electrodos durante el proceso de soldadura por arco eléctrico.

Los procedimientos de soldadura en arco pueden agruparse en tres:

- Con electrodos de carbono.
- Con electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno (soldadura al hidrógeno atómico).
- Soldadura con electrodo metálico.

2.10.2.1. Soldadura con electrodo de carbono.

No se utiliza en la estructura metálica. El arco salta entre un electrodo de carbón y la pieza a soldar. Se complementa con metal de aportación.

2.10.2.2. Soldadura con electrodo de tungsteno.

El arco salta entre dos electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno. El calor del arco disocia las moléculas de hidrógeno, que vuelven a soldarse al contacto con las piezas a soldar, desprendiendo una gran cantidad de calor.

Este calor funde las piezas y permite que se efectúe la soldadura en ausencia del oxígeno y el nitrógeno del aire.

2.10.2.3. Soldadura con electrodo metálico revestido.

Es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, pudiendo afirmarse sin titubeos que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en gran parte a este sistema.

La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación.

El operario establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar (llamada trabajo), con lo que se inicia un flujo de corriente.

A continuación se retira ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

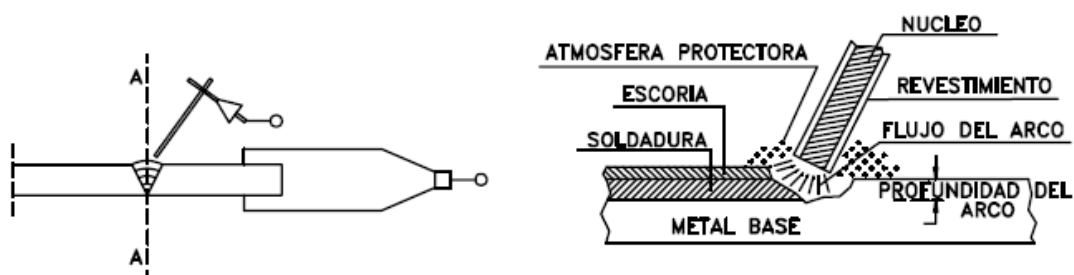


Figura 14. Soldadura con electrodo revestido.



2.11. Pasos para selección de electrodos.

El electrodo ideal es aquel que suministra una buena estabilidad de arco, un cordón de soldadura liso y bien presentado, una buena velocidad de depósito, escasez de proyecciones, máxima resistencia y fácil eliminación de la escoria. Para alcanzar estas características hay que considerar diversos factores a la hora de seleccionar el electrodo:

- Característica del metal base. Una soldadura de buena calidad debe tener tanta resistencia como el metal base, antes de acometer cualquier operación de soldadura debemos asegurarnos de la composición química del metal base y seleccionar el electrodo recomendado para este material.
- Diámetro del electrodo. Como regla general, nunca deben utilizarse electrodos de diámetro superior al espesor de las piezas a soldar.
- Tipo de junta y preparación de bordes. Las uniones con una abertura de chaflán insuficiente exigirán el empleo de electrodos de gota relativamente caliente y con gran poder de penetración.
- Corriente de trabajo. Hay electrodos que solo funcionan en corriente continua con una polaridad determinada. Otros funcionan bien en corriente continua y en corriente alterna.
- Rendimiento en el trabajo. La velocidad de aportación es un factor muy importante en cualquier trabajo de producción. Cuanto mayor es la velocidad de soldadura, menor es el costo.
- Condiciones de servicio. Los requerimientos en servicio de la pieza que se trata de soldar, pueden demandar una soldadura de especiales características. Por ejemplo, gran resistencia a la corrosión, gran ductilidad o elevada resistencia a tracción.

2.12. Tipos de uniones soldadas.

La preparación de las piezas a soldar es parte fundamental del proceso de soldadura ya que esta afecta las caras a unir. Existen cinco tipos básicos de uniones para integrar dos partes de una junta. De acuerdo a las figuras se define de la siguiente forma:

- Unión empalmada (a tope): En este tipo de unión, las partes se encuentran en el mismo plano y se unen en sus bordes.
- Unión de esquina: Las partes en una unión de esquina forman un ángulo recto y se unen en la esquina del ángulo.
- Unión superpuesta (traslape): Esta unión consiste en dos partes que se superponen.
- Unión en T: En la unión en T, una parte es perpendicular a la otra en una forma parecida a la letra T.
- Unión de bordes: Las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.

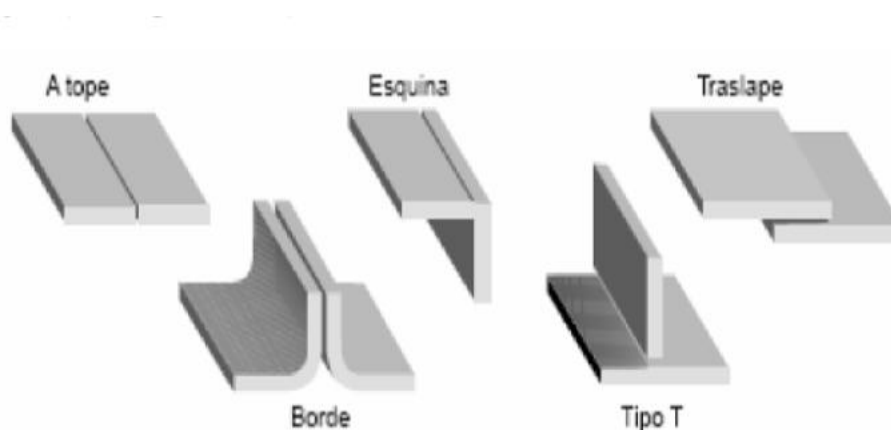


Figura 15. Tipos de uniones soldadas.



Los tipos de soldadura de mayor importancia son:

- Las soldaduras de filete.
- Las soldaduras de ranura.

Las soldaduras de filete han demostrado ser más débiles que las soldaduras de ranura; sin embargo, la mayoría de las conexiones estructurales se realizan con soldaduras de filete.

La soldadura de ranura se utiliza cuando los miembros que se van a conectar están alineados en el mismo plano. Aun cuando tienen mayor resistencia que las soldaduras de filete, requieren mayor precisión razón por la cual, mientras sea posible, se prefiere utilizar la soldadura de filete, que da mayor tolerancia.

La soldadura de filete es más resistente a los esfuerzos de tensión y compresión que al corte. Las soldaduras de filete transversales son más fuertes. Ellas quedan sometidas a esfuerzos mas uniformes sobre toda su longitud, mientras que las soldaduras de filete longitudinales quedan sometidas a esfuerzos no uniformes debido a deformaciones que varían a lo largo de su longitud.

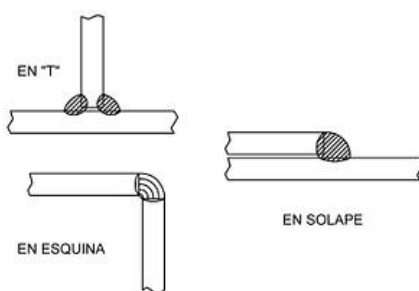


Figura 16. Soldadura de filete.

La soldadura de ranura desde el punto de vista de la solidez, de la resistencia al impacto y a esfuerzos repetitivos, y de la cantidad de metal de aporte requerido, es preferible a la de filete aunque desde otros puntos de vista no es tan atractiva.

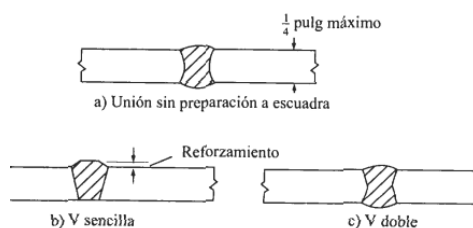


Figura 17. Soldadura de ranura.

2.13. Comando y protección de motores eléctricos.

El control de motores en su sentido más amplio comprende todos los métodos usados para controlar el comportamiento de todo un sistema de funcionamiento eléctrico de una maquina o maquinaria. El control de motores eléctricos se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos electrotécnicos que intervienen para cumplir con las funciones de arranque, cambio de giro, aceleración, desaceleración, frenado de un motor etc.

Los componentes que pueden formar el control y protección de un motor son los siguientes: contactor, relé térmico, guarda motor magnético y fusible; A continuación se describe cada uno de ellos.

2.13.1. Contactor.

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos, y de abrir otros contactos para impedir el paso de corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos. En síntesis, se puede definir al contactor como un interruptor múltiple de corriente, cuyas operaciones de cierre y apertura se realiza en forma no manual, o sea, que se realiza de forma automática, mediante algún mecanismo capaz de establecer, soportar e interrumpir corriente en condiciones normales del circuito y que envía corriente a la bobina de éste.



2.13.2. Relé térmico.

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado se queme. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetalo y la apertura del relé.

2.13.3. Guarda motor magnético.

Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre – intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores.

2.13.4. Fusible.

Son dispositivos de corriente que se destruyen por si mismos cuando interrumpen el circuito, están contruidos de metal fusionable a temperaturas relativamente bajas y calibradas de tal manera que se fundan cuando se alcance una corriente determinada, debido a que los fusibles se encuentran en serie con la carga, estos abren el circuito cuando se funden.

2.13.5. Selección del conductor.

La adecuada selección del conductor es importante porque ayuda a proteger los motores eléctricos y evitar altas caídas de tensión e incluso a evitar recalentamientos, los cuales pueden llevar a gastos innecesarios ya que pueden causar incendios.

La caída de voltaje máxima permitida por la CIEN (código instalación eléctrica Nicaragua) es de 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%.



Para la selección de un conductor se debe tener en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de ellas se pueden resumir de la siguiente forma:

- Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad.
- Dieléctrica, Resistencia de aislación, factor de potencia.
- Consideraciones térmicas: compatibilidad con el ambiente, dilatación de la aislación, resistencia térmica.
- Consideraciones mecánicas: flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, Resistencia impacto, abrasión, contaminación.
- Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos.

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

- ✓ Corriente requerida por la carga.
- ✓ Caída de tensión admisible.
- ✓ Corrientes de cortocircuito.

2.14. Resistencia eléctrica.

Las resistencias eléctricas con brida roscada se utilizan para el calentamiento de líquidos llevándolo a una temperatura que excede la del ambiente. Se pueden fabricar con blindaje en tubo en acero inoxidable o en tubo de cobre y con cualquier longitud, potencia y voltaje.

La rosca hembra soldada al depósito, permite instalar rápidamente este tipo de resistencias. Una vez roscada, las conexiones eléctricas quedan protegidas con una tapa con el grado de protección IP deseado.



2.15. Termopar.

El termopar se basa en el principio, del efecto que fue descubierto en 1821 por Seebeck, que establece que cuando la unión de dos materiales diferentes se encuentra a una temperatura diferente que la del medio ambiente, a través de esos materiales circulará una corriente.

El uso de termopares en la industria se ha popularizado, ya que son altamente precisos y muchos más económicos que las termoresistencias.

Se necesita un controlador de temperatura, que es básicamente un medidor de temperatura que recibe una señal de un sensor (en este caso la termocupla tipo J), procesa la señal lo mejor posible, corrige los errores por falta de linealidad y finalmente ajusta la escala de medición para que corresponda con las unidades de medida seleccionadas, ej. °C, mV, etc.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta para realizar mediciones de temperatura con termocuplas, es considerar la compensación por temperatura de la junta fría, (tenga en cuenta que si no se efectúa esta corrección, la lectura de temperatura obtenida tendrá un error de 20°C aproximadamente, que coincide con el valor medio de la temperatura ambiente).

2.16. Controlador de Temperatura.

Este tipo de controlador es un instrumento que compara la señal del sensor, la compara con la señal de entrada deseada (se llama a este punto setpoint) y ajusta la salida del dispositivo calefactor para mantener, tan cerca como sea posible, el equilibrio entre la temperatura medida y la temperatura deseada. Aquí la palabra clave es “tan cerca como sea posible”. Existen varios métodos de control para conseguir esto. Trataremos de explicar brevemente los más comunes.

2.16.1. Control si-no (on-off)

La selección del control de temperatura correcta para una aplicación dada, depende del grado de control requerido por la aplicación. La solución más



simple que puede necesitar una aplicación dada puede solucionarse con lo que se llama control si-no (on-off).

El control si-no trabaja como el termostato de un sistema de calefacción, es decir el control de salida es 100% si ó 100% no. La sensibilidad del control si-no (también llamado “histéresis” o “banda muerta”) se diseña de modo que la salida no cambie de si a no demasiado rápido. Si el rango de histéresis es muy angosto, habrá una conmutación demasiado rápida que se conoce como traqueteo.

Este traqueteo hace que los contactos de los contactores y elementos calefactores tengan una vida útil más corta. Entonces la histéresis deberá ajustarse de modo que haya un retardo suficiente entre los modos “si” y “no”. Debido a la necesidad de la histéresis habrá siempre lo que se llama “overshoot” y “undershoot”.

El “overshoot” es la magnitud en que la temperatura rebasa a la del setpoint, el “undershoot” es lo contrario. Vea la figura 17. Debido a la histéresis necesaria, esta oscilación de temperatura estará siempre presente, la magnitud de esta oscilación dependerá de las características del sistema térmico en cuestión.

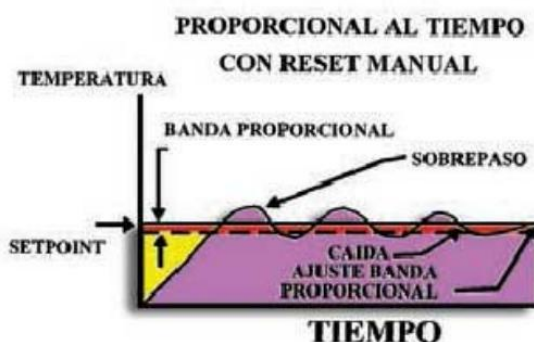


Figura 18. Control si-no.

2.17. Proporcional en el tiempo.

Hay procesos que requieren un control más preciso que el que puede proporcionar el sistema si-no. Un control proporcional en el tiempo, trabaja de la misma manera como el control si-no mientras la temperatura del proceso

está por debajo de lo que se llama banda proporcional. Esta banda proporcional es el lugar debajo del setpoint en el cual el control proporcional comienza a actuar o sea que la proporción entre si y no comienza a cambiar.

En la parte baja de la banda proporcional, el tiempo si es mucho mayor que el tiempo no. A medida que la temperatura se aproxima al setpoint, el tiempo si disminuye y el tiempo no aumenta. Esta acción continúa ya que se estabiliza en algún lugar debajo del setpoint. En este punto se obtiene el control. Esta diferencia entre el punto de control y el setpoint se llama “droop” (caída), (ver la figura 18).

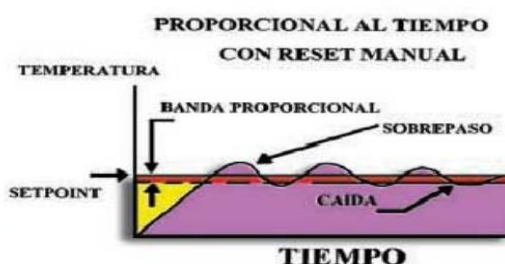


Imagen 19. Control proporcional al tiempo.

2.18. Variador de velocidades del motor.

El motor de inducción basa su funcionamiento en la acción de un flujo giratorio producido en el estator (bobinado Primario). Éste flujo corta los conductores del bobinado del rotor (bobinado secundario) e induce fuerzas electromotrices, dando origen a corrientes en los conductores del rotor.

Como consecuencia de esto se originan fuerzas electrodinámicas sobre ellos haciendo girar el rotor en el sentido del campo. La velocidad del flujo giratorio es:

$$N_s = (60 \cdot f) / P,$$

Donde:

N_s = número de revoluciones por minuto.

F = frecuencia en Hz.

P = pares de polos del motor.

Variación de la frecuencia de alimentación del motor

Al ser el motor asíncrono una máquina donde la velocidad depende de la frecuencia, al modificar ésta, se consigue variar la velocidad.

Los sistemas electrónicos que transforman la frecuencia de la red en otra frecuencia variable en el motor, se denominan sistemas inversores.

Éstos están formados por:

- ✓ Un rectificador que transforma la corriente alterna en corriente continua.
- ✓ Un filtro formado por bobinas y condensadores, que tienen como finalidad proporcionar a la entrada del inversor una tensión prácticamente continua, sin rizado.
- ✓ Un inversor que transforma tensión C.C. Obtenida a la salida del bloque rectificador en tensión alterna, de frecuencia diferente a la de la red.
- ✓ El circuito de control, es un circuito electrónico que se encarga de generar las tensiones de control y de referencia y, en función de éstas, abrir y cerrar los tiristores al ritmo que impone la frecuencia de la tensión de referencia. Este sistema permite obtener una amplia gama de frecuencias y niveles de tensión en el motor, y por tanto diferentes velocidades.

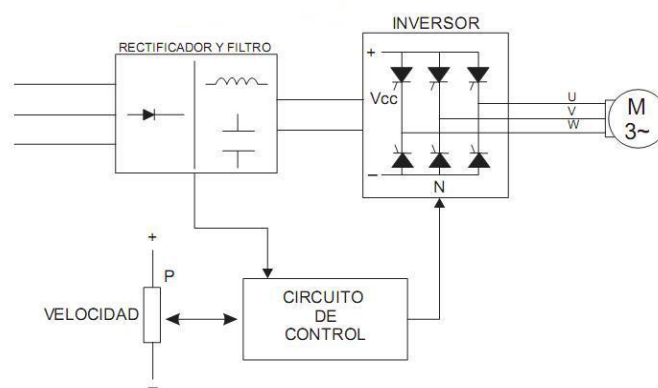


Figura 20. Variador de frecuencia.

Los variadores de velocidad de motores asíncronos se presentan comercialmente en módulos, adaptables para diferentes campos de aplicación entornos industriales. Están provistos de elemento de diálogo, pantallas de cristal líquido y teclado, para visualizar las magnitudes de funcionamiento del motor; estado del variador y configuración del variador

según la aplicación (frecuencia de trabajo, límites de velocidad, modos de parada, selección de ajustes, etc.).

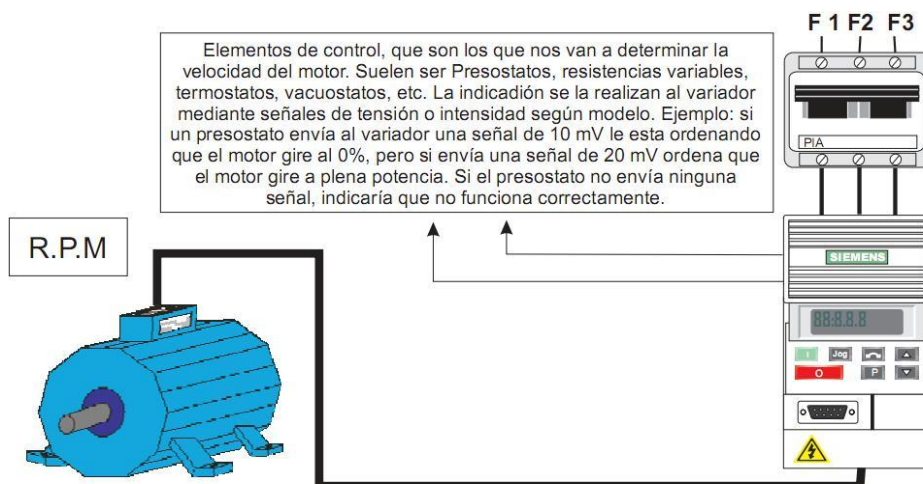


Figura 21. Elementos de control.

➤ **Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos.**

- ✓ El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- ✓ La conexión del cableado es muy sencilla.
- ✓ Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- ✓ Controla la aceleración y el frenado progresivo..
- ✓ Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia.
- ✓ Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- ✓ Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- ✓ Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, rpm, etc.).

➤ **Inconvenientes de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos.**

- ✓ Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- ✓ Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- ✓ Requiere un tiempo para realizar la programación.



Capítulo 3. Memoria de cálculo de reactor del biodiesel.

En este capítulo se presentan los criterios de diseño necesarios para calcular el espesor de la lámina de acero inoxidable 304 que se requiere para la construcción de la planta piloto de producción de biodiesel, de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Como también el cálculo de la presión de diseño en función de la presión de operación, también la selección del agitador, la potencia del motor eléctrico, el diámetro de la flecha, la selección de la chaveta y el pasador.

3.1. Criterio de diseño.

A continuación se presentan los principales criterios para realizar los cálculos de presión de operación, el espesor de la lámina por presión interna y externa y la potencia del motor eléctrico. Son los siguientes:

- ✚ Diámetro interior (Φ_{int})= 400mm \cong 15.75in
- ✚ Altura total (H_T)= 709mm \cong 27.91in
- ✚ Material de fabricación: acero inoxidable AISI 304
- ✚ Densidad del sebo de res (*tabla 2*): $0.92 \frac{g}{cm^3}$
- ✚ viscosidad dinámica de la grasa de res (μ)= $44.988 \times 10^{-3} Pa \cdot s$
- ✚ Temperatura de operación (T_0)= 60 °C
- ✚ Eficiencia de soldadura (E_{sol})= 85%

3.2. Selección del material.

El acero inoxidable 304 es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con



vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C.

Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

Propiedades físicas: Densidad 7.93 g/cm³

Propiedades químicas: 0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

El esfuerzo por tensión permisible para el material AISI 304.

$$S = 310 \text{ Mpa} = 44961.7 \text{ psi} \approx 44962 \text{ psi}$$

$$S = 44962 \text{ psi}$$

3.3. Presión de operación (P_0).

A partir de stripper, todos los equipos son a presión atmosférica, por tanto a presión atmosférica viene dada por la altura del líquido del equipo más la presión atmosférica.

$$P_o = P_{atm} + P_{fluido}$$

La presión de operación del equipo a calcular se calcula por la siguiente fórmula:

$$P_o = P_{atm} + (\rho)(g)(h)$$



Donde:

P_{fluido} = presión de columna de fluido

P_0 = presión de operación (pa).

P_{atm} = presión atmosférica (pa).

ρ = densidad (kg/m^3)

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

h = altura del estanque (m)

Nota: tomado del libro Diseño y calculo de recipientes a presión pág. 2.

$$P_o = 101352.9 P_a + (920 \text{ Kg/m}^3)(9.8 \text{ m/s}^2)(0.709 \text{ m})$$

$$P_o = 107745.244 P_a \cong 15.63 \text{ psi}$$

$$P_o = 16 \text{ psi}$$

3.4. Presión de diseño (p_d)

Si $p_o \leq 300 \text{ lb/in}^2$

$p_d = p_o + 30 \text{ lb/in}^2$, tomado de Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión. Pág. 1

$$p_d = 16 \text{ lb/in}^2 + 30 \text{ lb/in}^2$$

$$p_d = 46 \text{ lb/in}^2$$

3.5. Calculo del sobre-espesor

El sobre- espesor se calcula por la ecuación:

$$C = c_1 + c_2$$

Donde:

c_1 = sobre espesor que tiene en cuenta las tolerancias negativas del material.

c_2 = sobre espesor que tiene en cuenta el efecto de la corrosión.

$c_1 = 0.1 \text{ cm}$ cuando el equipo se construye a partir de planchas soldadas.

c_2 = se toma entre 0.1 cm y 0.3 cm cuando no se precisan más detalles.



Nota: tomado del libro guía metodológica para el proyecto de curso de equipos de transferencia de calor.

$$C = 0.1\text{cm} + 0.1\text{cm}$$

$$C = 0.2\text{cm} = 2\text{mm} \approx 0.0787\text{in}$$

$$C = 0.0787\text{in}$$

3.6. Calculo del espesor de la placa por presión interna.

3.6.1. Sección cilíndrica (t_1), cuerpo del reactor.

El espesor de la pared de la sección cilíndrica, según la guía metodológica para el proyecto de curso de transferencia de calor (pág. 12), se obtiene:

$$t_1 = \frac{p_d \cdot d_{int}}{2SE - p_d} + C$$

Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 46

S = valor de esfuerzo del material (lb/in^2) = 44962

E = eficiencia de la junta soldada = 85%

C = sobre- espesor (in) = 0.0787

d_{int} = diámetro interior (in) = 15.75

$$t_1 = \frac{\left(46 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)(15.75\text{in})}{2\left(44962 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)(0.85) - 46 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} + 0.0787\text{in}$$

$$t_1 = 0.0882\text{in} \approx 2.24\text{mm}$$

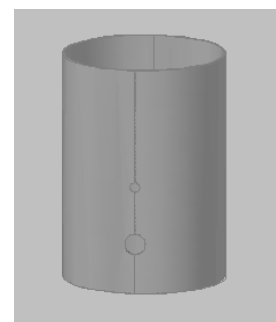


Figura 22. Cuerpo del reactor

3.6.2. Sección cónica (t_2), tapa inferior:

El espesor de la envoltura cónica sometida a presión interior, según la norma soviética GOST 14249 – 80, se determina como:

$$t_2 = \frac{p_d \cdot d_{int}}{2 \sigma \varphi - p_d} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} + c$$



Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 46

σ = tensión admisible (lb/in^2) = 44962

φ = eficiencia de la junta de soldadura = 85%

d_{int} = diámetro interior (in) = 15.75

t_2 = espesor de la pared (in)

α = mitad del ángulo en el vértice = 50°

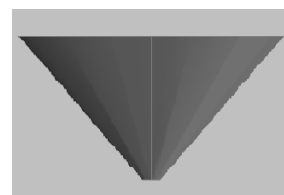


Figura 23. Tapa inferior

$$t_2 = \frac{\left(46 \frac{lb}{in^2}\right)(15.75 in)}{2\left(44962 \frac{lb}{in^2}\right)(0.85) - 46 \frac{lb}{in^2}} \cdot \frac{1}{\cos 50} + 0.0787 in$$

$$t_2 = 0.0885 in \approx 2.25 mm$$

3.6.3. Espesor de la tapa plana (t_3), tapa superior:

El espesor de la pared de la tapa plana, según el manual de recipientes a presión. Diseño y calculo de Eugene F. Megyesy, se determina por:

$$t_3 = \frac{p_d \cdot R}{S E - 0.6 p_d} + c$$

Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 46

S = valor de esfuerzo del material (lb/in^2) = 44962

E = eficiencia de la junta de soldadura = 85%

R_{int} = radio interior (in) = 7.875

t_3 = espesor de la pared (in)

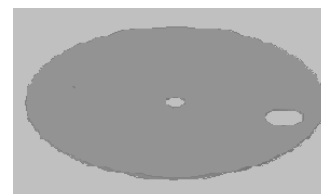


Figura 24. Tapa superior

$$t_3 = \frac{\left(46 \frac{lb}{in^2}\right)(7.875 in)}{\left(44962 \frac{lb}{in^2}\right)(0.85) - (0.6)\left(46 \frac{lb}{in^2}\right)} + 0.0787 in$$

$$t_3 = 0.0882 in \approx 2.24 mm.$$

3.7. Calculo de espesor de placa por presión externa.

A continuación, realizaremos los cálculos para seleccionar el perfil que usaremos como refuerzo en las uniones.



$$p = \text{presión externa (lb/in}^2\text{)} = 14.7$$

3.7.1. Sección cilíndrica (t_s), cuerpo del reactor:

Este cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$D_0 = d_{\text{int}} + 2t_s$$

Donde:

D_0 = diámetro exterior (in)

d_{int} = diámetro interno (in) = 15.75

t_s = espesor de la pared (in) = 0.0882

$$D_0 = 15.75\text{in} + 2(0.0882\text{in})$$

$$D_0 = 15.9264\text{in} \approx 404.5305\text{mm}$$

$$\frac{D_0}{t_s} = \frac{15.9264\text{in}}{0.0882\text{in}}$$

$$\frac{D_0}{t_s} = 180.5714$$

L = altura del depósito (in) = 21.6535in

$$\frac{L}{D_0} = \frac{21.6535\text{in}}{15.9264\text{in}} = 1.3595$$

$$\frac{L}{D_0} = 1.36$$

Con $\frac{D_0}{t_s}$ y $\frac{L}{D_0}$, se encuentran los valores de A y B.

Nota: tomado del libro Manual de Recipientes a presión, Diseño y calculo de Eugene F. Megyesy.

A = factor determinado (tabla 3)

$$A = 0.00038$$

B = factor determinado (tabla 4)

$$B = 5100$$



Presión máxima de trabajo permisible (p_a) se determina con la ecuación:

$$p_a = \frac{4B}{3(D_o/t_s)}$$

Nota: Tomado del libro Manual de Recipientes a Presión. Pág. 12

$$p_a = \frac{(4)(5100)}{(3)(180.5714)}$$

$$p_a = 37.66 \text{ lb/in}^2$$

$p_a > p$, es satisfactorio, no se requiere de anillos atiesadores.

3.7.2. Sección cónica (t_s), tapa inferior.

Esta sección se calcula por:

$$t_s = 0.0885 \text{ in}$$

$$D_L = d_{\text{int1}} + 2t_s$$

Donde:

t_s = Espesor de la envoltura cónica sometida a presión interior.

D_L = diámetro exterior en el extremo grande (in)

d_{int1} = diámetro interior en el extremo grande (in) = 15.75

$$D_L = 15.75 \text{ in} + (2)(0.0885 \text{ in})$$

$$D_L = 15.927 \text{ in}$$

El diámetro exterior en el extremo pequeño se calcula por:

$$D_S = d_{\text{int2}} + 2t_s$$

Donde:

D_S = diámetro exterior en el extremo pequeño (in)

d_{int2} = diámetro interior en el extremo pequeño (in) = 1

$$D_S = 1 + (2)(0.0885)$$

$$D_S = 1.177 \text{ in}$$



El espesor efectivo se calcula con la ecuación:

$$t_e = t_s \cos \alpha$$

Donde:

t_e = espesor efectivo (in)

t_s = espesor de la pared en pulgadas (in) = 0.0885

α = la mitad del ángulo en el vértice ($^\circ$) = 50

p = presión externa (lb/in²) = 14.7

$$t_e = (0.0885 \text{ in}) \cos 50^\circ$$

$$t_e = 0.0853 \text{ in}$$

La longitud equivalente de la sección cónica se calcula por:

$$L_e = \left(\frac{L}{2}\right) \left(1 + \frac{D_s}{D_l}\right)$$

Donde:

L_e = longitud equivalente de la sección cónica

L = altura del cono (in) = 6.2598

$$L_e = \left(\frac{6.2598 \text{ in}}{2}\right) \left(1 + \frac{1.177 \text{ in}}{15.927 \text{ in}}\right)$$

$$L_e = 3.3612 \text{ in}$$

$$\frac{L_e}{D_l} = \frac{3.3612 \text{ in}}{15.927 \text{ in}} = 0.211$$

$$\frac{D_l}{t_e} = \frac{15.927 \text{ in}}{0.0853 \text{ in}} = 186.717$$

Con L_e/D_l y D_l/t_e se encuentran los valores de A y B.

Nota: tomado del libro Manual de Recipientes a presión pág. 12.

$$A = 0.0033$$

$$B = 12100$$

La presión máxima de trabajo se determina por la ecuación:



p_a = presión máxima de trabajo permisible

$$p_a = \frac{4B}{3(Dl/te)}$$

$$p_a = \frac{(4)(12100)}{3(186.717)}$$

$$p_a = 86.4052 \text{ lb/in}^2$$

$p_a > p$ es satisfactorio, no se requiere de anillos atiesadores.

Nota: Tomado del libro Manual de Recipientes a Presión. Pág. 36 y 37

El espesor de la placa de acero inoxidable 304 es de 3/32 in equivalente a 2.5 mm.

3.8. Selección del agitador

Para esta investigación el agitador seleccionado es tipo turbina de palas planas inclinadas, forma parte de los denominados agitadores de flujo axial, que permiten un flujo desprendido del rodete de aproximadamente 45° y por tanto presenta recirculación, que retorna hasta la zona central de las palas del agitador, creando un campo de flujo de ida y vuelta paralelo al eje de giro.

Los agitadores de flujo axial incluyen a todos los que tienen palas que forman un ángulo menor de 90° con el plano perpendicular al eje. Las hélices y turbinas de palas o aspas inclinadas son las más representativas de este tipo de agitadores.

Existen dos rangos básicos de velocidades de giro: de 1150 a 1750 rpm con transmisión directa, y de 350 a 420 rpm con transmisión por engranajes.

A continuación se exponen las características principales del agitador:

Agitador con palas planas inclinadas

Descripción	4-6 palas rectas ángulo de inclinación = 45°
Campo de flujo generado	axial / radial (componente radial mayor que con el mezclador de hélice)
Régimen alcanzado	de transición – turbulento
Velocidad tangencial	3 - 15 m/s
Viscosidad del medio	hasta 20 Pa·s
Posición del rodete (d_2 / d_1)	0,2 – 0,5 (alejado de la pared)
Aplicaciones	Homogeneizar suspender favorecer el intercambio de calor

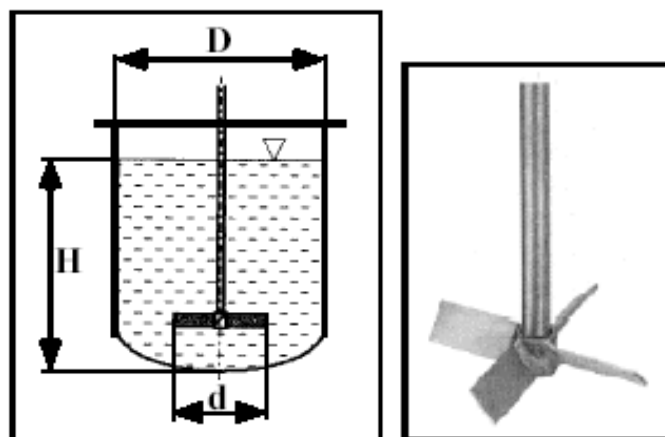


Figura 25. Agitadores con palas inclinadas.

El agitador seleccionado es el de palas planas inclinadas, y sus dimensiones estandarizadas según la norma DIN 28131 (ver tabla 5) son las siguientes:

d_1 = Diámetro exterior.



h_1 = Altura del líquido.

d_2 = Diámetro exterior del agitador.

h_3 = Ancho del agitador.

α = Angulo de las palas planas.

δ_1 = Ancho de las placas deflectoras.

δ_2 = Distancia entre la pared del tanque y la placa defletores.

$$\frac{h_1}{d_1} = 1$$

$$h_1 = d_1 = 405mm$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.337$$

$$d_2 = 136.5 \cong 137mm$$

$$\frac{h_2}{d_1} = 0.17 \div 0.3$$

$$h_2 = 229.5mm \cong 230mm$$

$$\frac{h_3}{d_2} = 0.177$$

$$h_3 = 24.25 \cong 25mm$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\frac{\delta_1}{d_1} = 0.1$$

$$\delta_1 = 40.5mm$$

$$\frac{\delta_2}{d_1} = 0.02$$

$$\delta_2 = 8.1mm$$

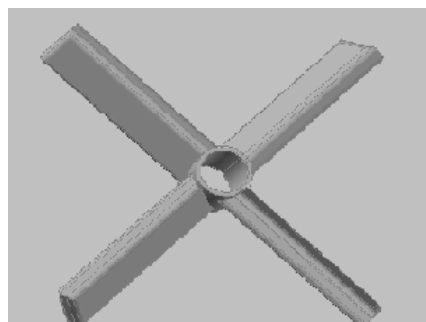


Figura 26. Agitador del reactor de biodiesel

Para conseguir una mejor mezcla se utilizan placas deflectoras (en ingles Baffles) son bandas planas verticales, situadas radialmente y a lo largo de la pared del tanque, que generan una mayor turbulencia en el fluido, con la



consiguiendo mejora del proceso de mezcla. Generalmente, cuatro deflectores suelen ser suficientes.

Para determinar el espesor del agitador se compara las dimensiones del ancho del agitador (25mm) y el diámetro exterior del agitador (137mm) según la norma DIN 28131 con el catalogo Rühren und Mischen, en donde el agitador tiene un ancho de 20mm y el diámetro exterior de 140mm para una longitud del eje de 450mm y el espesor es de 4mm, por tanto, la comparación de datos entre los cálculos obtenidos con la norma DIN 28131 y el catalogo se concluye que los datos son semejantes y que el espesor del agitador sea de 4mm cuando nuestro eje su longitud es de 449mm. (Tabla 6)

3.9. Potencia teórica del motor eléctrico

La potencia del motor que se requiere para producir biodiesel con la reacción química entre el sebo de res y el metoxido, se emplean los siguientes datos:

ρ = densidad del sebo de res (kg/m^3) = 920

μ = viscosidad dinámica del sebo de res = $44.988 \times 10^{-3} \text{ pa} \cdot \text{s}$ a 40°C

d_{ag} = diámetro del agitador = 137mm

Frecuencia de rotación (rpm) = 1150rpm = 19.17rps

Rec= régimen de agitación

El régimen de agitación se determina por la siguiente fórmula:

$$R_{ec} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_{ag}^2}{\mu}$$

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 22.

Donde:

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).

d_{ag} = diámetro del agitador (m).

μ = viscosidad dinámica ($\text{pa} \cdot \text{s}$).

$$R_{ec} = \frac{(920)(19.17)(0.137^2)}{44.988 \cdot 10^{-3}}$$



$$R_{ec} = 7357.908 \cong 7.35 \times 10^3 \text{ (flujo transitorio } 10 < R_e < 10000)$$

A partir de la *tabla 7* se obtiene N_p

$$N_p = 1.4$$

La potencia teórica se calcula por la siguiente ecuación:

$$P = N_p \rho n^3 d^5$$

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 35

Donde:

N_p = número de Potencia.

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).

d_{ag} = diámetro del agitador (m)..

$$P = (1.4)(920)(19.17)^3(0.137)^5$$

$$P = 437.91 \text{ watt} \cong 0.58 \text{ Hp}$$

La potencia necesaria cuando existe un rendimiento $\eta = 0.80$

$$P_{necesaria} = \frac{P_{teorica}}{\eta}$$

$$P_{necesaria} = \frac{437.91}{0.80}$$

$$P_{necesaria} = 547.39 \text{ watt} \cong 0.73 \text{ Hp}$$

El motor seleccionado es de 3/4 Hp de la marca LEESON (*ver tabla 8*) distribuido por JOHN MAY & CO. (MAQUINARIAS), S. A. Km. 3 carretera Norte, contiguo a Shell Xolothan.

3.10. Cálculo del diámetro de la flecha.

La flecha circular sólida de 1/2 in de diámetro del reactor de biodiesel gira a 1725 rpm (revolución máxima del motor) y la potencia del motor es de 3/4 Hp.

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada 3^{ra} edición de Robert L. Mott, el par de torsión se calcula por la fórmula siguiente:



$$T = \frac{63000P}{n}$$

Donde:

T = Par de torsión (lb · in).

P = Potencia del motor (HP).

n = velocidad de rotación (rpm).

$$T = \frac{63000 \left(\frac{3}{4} \text{ hp}\right)}{1725 \text{ rpm}}$$

$$T = 27.39 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

La flecha se somete a un par de torsión de 27.39 lb · in.

Esfuerzo cortante de diseño

El material de la flecha es de acero inoxidable AISI 304 $S_y = 44962 \text{ lb/in}^2$ y 30% de elongación, este porcentaje de alargamiento del acero es una indicación de su ductilidad, para que soporte cargas de impacto o choque. Datos tomados de SUMITEC suministros técnicos S.A.

$$\tau_d = \frac{S_y}{12} \text{ con } N = 6 \text{ (Tabla 9)}$$

Donde:

τ_d = Esfuerzo cortante de diseño.

N = Factor de diseño.

$$\tau_d = \frac{44962 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{12}$$

$$\tau_d = 3746.83 \text{ lb/in}^2$$

Par de torsión de la flecha con $D = \frac{1}{2} \text{ in}$

El par de torsión de la flecha se calcula por la siguiente fórmula:



$T = \frac{\pi D^3 \tau_d}{16}$, según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 149 – 151.

Donde:

$\tau_d =$ Esfuerzo cortante de diseño.

T = Par de torsión (lb · in).

D = Diametro de la flecha (in).

$$T = \pi \left(\frac{1}{2} \text{ in} \right)^3 (3746.83 \text{ lb/in}^2) / 16$$

$$T = 91.96 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

La flecha de acero inoxidable AISI 304 con un diámetro de ½ in esta sometida a un torque de $27.39 \text{ lb} \cdot \text{in}$ y resiste un par de torsión de $91.96 \text{ lb} \cdot \text{in}$.

3.11. Selección de la chaveta.

La chaveta está sometida a un par de torsión de $27.39 \text{ lb} \cdot \text{in}$ y el diámetro de la flecha es de ½ in.

Chaveta B 5 x 5 x 22 DIN6886 (Tabla 10)

Área de corte.

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. El área de corte se determina por:

$$A_s = b \times l$$

Donde:

b= ancho de la chaveta.

l= Longitud de la chaveta.

$$A_s = 5 \times 22$$

$$A_s = 110 \text{ mm}^2 = 0.170 \text{ in}^2$$



La fuerza de la chaveta

La fuerza de la chaveta se produce por la acción del par de torsión aplicado. Al par de torsión se le opone el momento de la fuerza en la chaveta por el radio de la flecha. Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. La fuerza de la cuña se determina por:

$$F = \frac{2T}{D}$$

Donde:

T= Par de torsión ($lb \cdot in$).

D= Diámetro de la flecha (in)

$$F = \frac{2(27.39 \text{ lb} \cdot \text{in})}{1/2 \text{ in}}$$

$$F = 109.56 \text{ lb.}$$

El esfuerzo cortante es:

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. El esfuerzo cortante de la cuña se determina por:

$$\tau = \frac{F}{A_s}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante ($\frac{lb}{in^2}$).

F= Fuerza de la cuña (lb).

A_s = Área de corte (in).

$$\tau = \frac{109.56 \text{ lb}}{0.170 \text{ in}^2}$$

$$\tau = 644.47 \frac{lb}{in^2}$$



La chaveta de forma B de ancho 5mm, altura 5mm y de longitud de 22mm, es capaz de resistir al par de torsión a la que estará sometida.

3.12. Selección del pasador.

El par de torsión requerido para impulsar el eje de $D_{eje} = 1/2 \text{ in}$ es de $27.39 \text{ lb} \cdot \text{in}$, y el diámetro del pasador de 4mm.

Pasador cilíndrico DIN7 – 4m6x14 – AISI 304. (Tabla 11)

Material: acero inoxidable AISI 304

Del libro Resistencia de Materiales aplicada por Robert L. Mott, el material se fractura cuando $\tau = S_{us} = 0.82S_u$ (Tabla 12) (Tabla 12)

Donde:

$S_u = \text{Resistencia ultima a cortante.}$

$$S_{us} = 0.82S_u$$

$$S_{us} = 0.82 \left(89923.4 \text{ lb/in}^2 \right)$$

$$S_{us} = 73737.188 \text{ psi}$$

Área de sección transversal para el pasador se determina por:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donde:

d = diámetro del pasador (in).

A = Área de sección transversal para el pasador (in²).

$$A = \frac{\pi(0.1575)^2}{4}$$

$$A = 0.0195 \text{ in}^2$$

$$F = \tau A$$



$$F = (73737.188\text{psi})(0.0195\text{in}^2)$$

$$F = 1437.875\text{lb}$$

El par de torsión es:

$$T = FD$$

$$T = (1437.875\text{lb})\left(\frac{1}{2}\text{in}\right)$$

$$T = 718.94\text{ lb} \cdot \text{in}$$

Esto indica que el pasador no se rompería en las condiciones anticipadas.



Capítulo 4. Memoria de cálculo del reactor de metoxido.

En este capítulo se presentan los principales datos de diseño para realizar los cálculos de la presión de diseño, la presión de operación, sobre espesor, cálculos del espesor de la placa por presión interna y externa del cuerpo del reactor, tapa inferior y tapa superior del material acero inoxidable 304, también la selección del agitador, la potencia del motor eléctrico, el diámetro de la flecha, la selección de la chaveta y el pasador.

4.1. Datos de diseño.

A continuación se presentan los principales datos para realizar los cálculos de presión de operación, el espesor de la lámina por presión interna y externa y la potencia del motor eléctrico. Son los siguientes:

- ✚ Diámetro interior (Φ_{int})= 250mm \cong 10 in
- ✚ Altura total (H_T)= 386mm \cong 15.20 in = 0.386m
- ✚ Material de fabricación: acero inoxidable AISI 304
- ✚ Densidad del metanol (*anexo 13*) = 0.7866 g/cm³ = 786.6 Kg/m³
- ✚ Viscosidad dinámica del metanol (μ) a 25°C = 5.41 x 10⁻⁰⁴ Pa · s, (*anexo 13*)
- ✚ Temperatura de operación (T_0)= 60 °c
- ✚ Eficiencia de soldadura (E_{sol})= 85%

4.2. Presión de operación.

A partir de stripper, todos los equipos son a presión atmosférica, por tanto a presión atmosférica viene dada por la altura del líquido del equipo más la presión atmosférica.

$$P_o = P_{atm} + P_{fluido}$$

La presión de operación del equipo se calcula por la siguiente fórmula:

$$P_o = P_{atm} + (\rho)(g)(h)$$



Donde:

P_{fluido} = Presión de la columna del liquido.

P_o = Presión de operacion, P_a

P_{atm} = Presión atmosférica, P_a

ρ = Densidad, Kg/m^3

g = Aceleración de la gravedad, m/s^2

h = Altura del estanque, m

$$P_o = 101352.9 P_a + (786.6 Kg/m^3)(9.8 m/s^2)(0.386m)$$

$$P_o = 104327.5505 P_a \cong 15.13 psi$$

$$P_o = 15psi$$

4.3. Presión de diseño (p_d)

$$\text{Si } p_o \leq 300 lb/in^2$$

$p_d = p_o + 30 lb/in^2$, tomado de Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión. Pág. 1

$$p_d = 15 lb/in^2 + 30 lb/in^2$$

$$p_d = 45 lb/in^2$$

4.4. Calculo del sobre-espesor

El sobre-espesor se calcula por la ecuación:

$$C = c_1 + c_2$$

Donde:

c_1 = sobre espesor que tiene en cuenta las tolerancias negativas del material.

c_2 = sobre espesor que tiene en cuenta el efecto de la corrosión.

c_1 = 0.1cm cuando el equipo se construye a partir de planchas soldadas.



c_2 = se toma entre 0.1 y 0.3cm cuando no se precisan más detalles.

$$C = 0.1\text{cm} + 0.1\text{cm}$$

$$C = 0.2\text{cm} = 2\text{mm} \approx 0.0787\text{in}$$

$$C = 0.0787\text{in}$$

Nota: tomado del libro guía metodológica para el proyecto de curso de equipos de transferencia de calor.

4.5. Calculo del espesor de la placa por presión interna.

4.5.1. Calculo del espesor de la sección cilíndrica (t_1), cuerpo del reactor:

La sección cilíndrica del cuerpo del reactor, según la guía metodológica para el proyecto de curso de transferencia de calor (pág. 12), se calcula por:

$$t_1 = \frac{p_d \cdot d_{int}}{2SE - p_d} + c$$

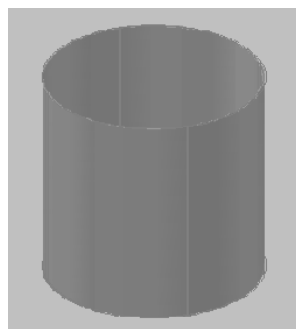


Figura 27. Cuerpo del reactor

Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 45

S = valor de esfuerzo del material (lb/in^2) = 44962

E = eficiencia de la junta de soldadura = 85%

C = sobre espesor (in) = 0.0787

d_{int} = diámetro interior (in) = 10

$$t_1 = \frac{\left(45 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)(10\text{in})}{2\left(44962 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right)(0.85) - 45 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}} + 0.0787\text{in}$$

$$t_1 = 0.0846\text{in} \approx 2.15\text{mm}.$$



4.5.2. Sección cónica (t_2), tapa inferior:

El espesor de la envoltura cónica sometida a presión interior, según la norma soviética GOST 14249 – 80, se determina como:

$$t_2 = \frac{pd \cdot d_{int}}{2 \sigma \varphi - pd} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} + c$$

Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 45

σ = tensión admisible (lb/in^2) = 44962

φ = eficiencia de la junta soldadura = 85%

d_{int} = diámetro interior (in) = 10

t_2 = espesor de la pared (in)

α = mitad del ángulo en el vértice = 50°

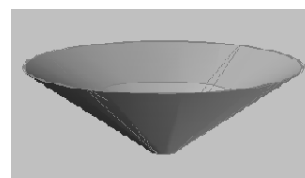


Figura 28. Tapa inferior

$$t_2 = \frac{\left(45 \frac{lb}{in^2}\right)(10in)}{2(44962)(0.85) - 45 \frac{lb}{in^2}} \cdot \frac{1}{\cos 50} + 0.0787in$$

$$t_2 = 0.0848in \approx 2.15mm$$

4.6. Espesor de la tapa plana (t_3), tapa superior.

La parte plana de la tapa superior, según el manual de recipientes a presión. Diseño y calculo de Eugene F. Megyesy, se determina por:

$$t_3 = \frac{pd \cdot R}{SE - 0.6pd} + c$$

Donde:

p_d = presión de diseño (lb/in^2) = 45

S = valor de esfuerzo del material (lb/in^2) = 44962

E = eficiencia de la junta de soldadura = 85%

R_{int} = radio interior (in) = 5

t_3 = espesor de la pared (in)

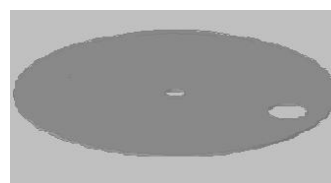


Figura 29. Tapa superior.

$$t_3 = \frac{\left(45 \frac{lb}{in^2}\right)(5in)}{\left(44962 \frac{lb}{in^2}\right)(0.85) - (0.6)\left(45 \frac{lb}{in^2}\right)} + 0.0787in$$



$$t_3 = 0.0845 \text{ in} \approx 2.15 \text{ mm}$$

4.7. Cálculo de espesor de placa por presión externa.

$$p = \text{presión externa (lb/in}^2\text{)} = 14.7$$

4.7.1. Sección cilíndrica (t_s), cuerpo del reactor:

La sección cilíndrica del reactor se calcula de la siguiente forma:

$$D_0 = d_{\text{int}} + 2t_s$$

Donde:

$$D_0 = \text{diámetro exterior (in)}$$

$$d_{\text{int}} = \text{diámetro interno (in)} = 10$$

$$t_s = \text{espesor de la pared (in)} = 0.0846$$

$$D_0 = 10 \text{ in} + 2(0.0846 \text{ in})$$

$$D_0 = 10.1692 \text{ in} \approx 258.2976 \text{ mm}$$

$$\frac{D_0}{t_s} = \frac{10.1692 \text{ in}}{0.0846 \text{ in}}$$

$$\frac{D_0}{t_s} = 120.2033$$

$$L = \text{altura del depósito (in)} = 11.4172 \text{ in}$$

$$\frac{L}{D_0} = \frac{11.4172 \text{ in}}{10.1692 \text{ in}}$$

$$\frac{L}{D_0} = 1.12$$

Con $\frac{D_0}{t_s}$ y $\frac{L}{D_0}$ se encuentran los valores de A y B en el libro Manual de Recipientes a presión, Diseño y cálculo de Eugene F. Megyesy, tablas 3 y 4 de los anexos, donde:

A = factor determinado (tabla 3)



$$A= 0.001$$

B= factor determinado (*tabla 4*)

$$B= 8900$$

Para determinar la presión máxima de trabajo permisible (p_a) se utiliza la ecuación:

$$p_a = \frac{4B}{3(D_o/t_s)}$$

$$p_a = \frac{(4)(8900)}{(3)(120.2033)}$$

$$p_a = 98.72 \text{ lb/in}^2$$

$p_a > p$, es satisfactorio, no requiere de anillos atiesadores.

Nota: Tomado del libro Manual de Recipientes a Presión. Pág. 12

4.7.2. Sección cónica (t_s), tapa inferior.

Esta sección se calcula por:

$$D_L = d_{int1} + 2t_s$$

$$t_s = 0.0848 \text{ in}$$

Donde:

t_s = espesor de la pared (in)

D_L = diámetro exterior en el extremo grande (in)

d_{int1} = diámetro interior en el extremo grande (in) = 10

$$D_L = 10 \text{ in} + (2)(0.0848 \text{ in})$$

$$D_L = 10.169 \text{ in}$$

El diámetro exterior en el extremo pequeño se calcula por:

$$D_S = d_{int2} + 2t_s$$

Donde:



D_S = diámetro exterior en el extremo pequeño (in)

d_{int2} = diámetro interior en el extremo pequeño (in) = 1

$$D_S = 1 + (2) (0.0848)$$

$$D_S = 1.169 \text{ in}$$

El espesor efectivo se calcula con la ecuación:

$$t_e = t_s \cos \alpha$$

Donde:

t_e = espesor efectivo (in)

t_s = espesor de la pared en pulgadas (in) = 0.0855

α = la mitad del ángulo en el vértice ($^\circ$) = 50

p = presión externa (lb/in^2) = 14.7

$$t_e = (0.0848 \text{ in}) \cos 50^\circ$$

$$t_e = 0.0818 \text{ in}$$

La longitud equivalente de la sección cónica se obtiene:

L_e = longitud equivalente de la sección cónica

$$L_e = \left(\frac{L}{2}\right) \left(1 + \frac{D_S}{D_L}\right)$$

L = altura del cono (in) = 3.7795

$$L_e = \left(\frac{3.7795 \text{ in}}{2}\right) \left(1 + \frac{1.169 \text{ in}}{10.169 \text{ in}}\right)$$

$$L_e = 2.11 \text{ in}$$

$$\frac{L_e}{D_L} = \frac{2.11 \text{ in}}{10.169 \text{ in}} = 0.20$$

$$\frac{D_L}{t_e} = \frac{10.169 \text{ in}}{0.0818 \text{ in}} = 124.32$$

Con L_e/D_L y D_L/t_e se encuentran los valores de A y B en el libro Manual de Recipientes a presión, *tablas 3 y 4* de los anexos, donde:



$$A= 0.008$$

$$B= 12800$$

La presión máxima de trabajo se determina por la ecuación:

p_a = presión máxima de trabajo permisible

$$p_a = \frac{4B}{3(Dl/te)}$$

$$p_a = \frac{(4)(12800)}{3(124.32)}$$

$$p_a = 137.28 \text{ lb/in}^2$$

$p_a > p$ es satisfactorio.

Nota: Tomado del libro Manual de Recipientes a Presión. Pág. 36 y 37

El espesor de la placa de acero inoxidable 304 es de 3/32 in equivalente a 2.5 mm.

4.8. Selección del agitador.

El agitador seleccionado para el reactor del metoxido es el de palas planas inclinadas, y sus dimensiones estandarizadas según la norma DIN 28131 (*ver tabla 5*) son las siguientes:

d_1 = 255 mm, diámetro exterior.

h_1 = Altura del líquido.

d_2 = Diámetro exterior del agitador.

h_3 = Ancho del agitador.

α = Angulo de las palas planas.

δ_1 = Ancho de las placas deflectoras.

δ_2 = Distancia entre la pared del tanque y la placa deflector.

$$\frac{h_1}{d_1} = 1$$



$$h_1 = d_1 = 255mm$$

$$\frac{d_2}{d_1} = 0.337$$

$$d_2 = 85.94 \cong 86mm$$

$$\frac{h_2}{d_1} = 0.17 \div 0.3$$

$$h_2 = 144.5mm$$

$$\frac{h_3}{d_2} = 0.177$$

$$h_3 = 15.22 \cong 16$$

$$\alpha = 45^0$$

$$\frac{\delta_1}{d_1} = 0.1$$

$$\delta_1 = 25.5mm$$

$$\frac{\delta_2}{d_1} = 0.02$$

$$\delta_2 = 5.1mm$$

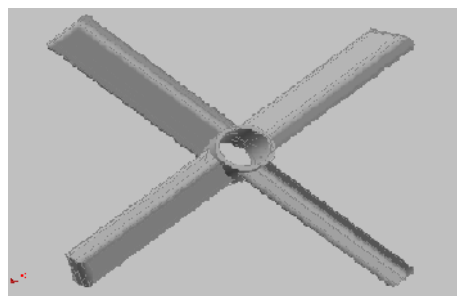


Figura 30. Agitador del reactor de metoxido

Para una mejor mezcla entre el metanol y el oxido de sodio se utilizaran cuatros placas deflectoras.

Para determinar el espesor del agitador se compara las dimensiones del ancho del agitador (16mm) y el diámetro exterior del agitador (86mm) según la norma DIN 28131 con el catalogo Rühren und Mischen, en donde el agitador tiene un ancho de 20mm y el diámetro exterior de 140mm para una longitud del eje de 450mm y el espesor es de 4mm, por tanto, la comparación de datos entre los cálculos obtenidos con la norma DIN 28131 y el catalogo se concluye que los datos son semejantes y que el espesor del agitador sea de 4mm cuando nuestro eje su longitud es de 216mm. (Tabla 6)



4.9. Potencia teórica del motor eléctrico.

La potencia del motor que se requiere para producir metóxido con la reacción química entre el metanol y el óxido de sodio, se emplean los siguientes datos:

ρ = densidad del metanol (kg/m^3) (*Tabla 13*) = 786.6

μ = viscosidad dinámica del metanol (*Tabla 13*) = $5.41 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ a 25°C

d_{ag} = diámetro del agitador = 86mm

Frecuencia de rotación (rpm) = 1150rpm = 19.17rps

R_{ec} = régimen de agitación

El régimen de agitación se determina por la siguiente fórmula:

$$R_{\text{ec}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_{\text{ag}}^2}{\mu}$$

Donde:

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).

d_{ag} = diámetro del agitador (m).

μ = viscosidad dinámica ($\text{Pa} \cdot \text{s}$).

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 22.

$$R_{\text{ec}} = \frac{(786.6)(19.17)(0.086^2)}{5.41 \times 10^{-4}}$$

$$R_{\text{ec}} = 206146.37 \cong 206.15 \times 10^3 \text{ (flujo turbulento } R_e > 10000)$$

A partir de la *tabla 7* calculamos N_p

$$N_p = 2$$

La potencia teórica se calcula por la siguiente ecuación:

$$P = N_p \rho n^3 d^5$$

Donde:

N_p = número de Potencia.

ρ = densidad (kg/m^3).

n = frecuencia de rotación (rps).



d_{ag} = diámetro del agitador (m).

Nota: tomado del libro aplicaciones de fenómenos de transporte pág. 35.

$$P = N_p \rho n^3 d^5$$

$$P = (2)(786.6)(19.17)^3(0.087)^5$$

$$P = 55.24 \text{ watt} \cong 0.07 \text{ Hp}$$

La potencia necesaria cuando existe un rendimiento $\eta = 0.80$

$$p_{necesaria} = \frac{p_{teorica}}{\eta}$$

$$p_{necesaria} = \frac{55.24}{0.80}$$

$$p_{necesaria} = 69.05 \text{ watt} \cong 0.09 \text{ Hp}$$

El motor seleccionado es de 1/4 Hp de la marca LEESON (ver tabla 14) distribuido por JOHN MAY & CO. (MAQUINARIAS), S. A. Km. 3 carretera Norte, contiguo a Shell Xolothan.

4.10. Cálculo del diámetro de la flecha

La flecha circular solida de 1/2 in de diámetro del reactor de biodiesel gira a 1725 rpm (revolución máxima del motor) y la potencia del motor es de 1/4 Hp.

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada 3^{ra} edición de Robert L. Mott, el par de torsión se calcula por la formula siguiente:

$$T = \frac{63000P}{n}$$

Donde:

T = Par de torsión (lb · in).

P = Potencia del motor (HP).

n = velocidad de rotación (rpm).

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada 3^{ra} edición de Robert L. Mott el par de torsión se calcula por la formula siguiente:



$$T = \frac{63000p}{n}$$

$$T = \frac{63000 (1/4hp)}{1725 \text{ rpm}}$$

$$T = 9.13 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Esfuerzo cortante de diseño

Acero inoxidable AISI 304 $S_y = 44962 \text{ lb/in}^2$ y 30% de elongación. Datos tomados de SUMITEC suministros técnicos S.A.

$$\tau_d = \frac{S_y}{8} \text{ con } N = 4 \text{ (Tabla 9)}$$

Donde:

$\tau_d = \text{Esfuerzo cortante de diseño.}$

$N = \text{Factor de diseño.}$

$$\tau_d = \frac{44962 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}}{8}$$

$$\tau_d = 5620.25 \text{ lb/in}^2$$

Par de torsión de la flecha con $D = \frac{1}{2} \text{ in}$

El par de torsión de la flecha se calcula por la siguiente fórmula:

$T = \frac{\pi D^3 \tau_d}{16}$, según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 149 – 151.

$$T = \frac{\pi D^3 \tau_d}{16}$$



Donde:

$\tau_d = \text{Esfuerzo cortante de diseño.}$

$T = \text{Par de torsión (lb} \cdot \text{in).}$

$D = \text{Diametro de la flecha (in).}$

$$T = \pi \left(\frac{1}{2} \text{ in} \right)^3 (5620.25 \text{ lb/in}^2) / 16$$

$$T = 137.94 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

La flecha de acero inoxidable AISI 304 con un diámetro de $\frac{1}{2}$ in esta sometida a un torque de $9.13 \text{ lb} \cdot \text{in}$ y resiste un par de torsión de $137.94 \text{ lb} \cdot \text{in}$, por tanto cumple con las exigencias del proyecto.

4.11. Selección de la chaveta.

La chaveta se coloca entre los dos elementos, eje y cubo, paralela al eje. Con el fin de que esta se pueda alojar, se mecanizara una ranura sobre el eje y otra sobre el agujero.

La chaveta está sometida a un par de torsión de $9.13 \text{ lb} \cdot \text{in}$ y el diámetro de la flecha es de $\frac{1}{2}$ in. Se selecciona una chaveta de cuña o de fuerza de forma B de anchura $b = 5 \text{ mm}$, altura $h = 5 \text{ mm}$ y longitud $L = 20 \text{ mm}$.

Chaveta DIN6886 – B 5 x 5 x 20 (Tabla 10)

Área de corte.

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. El área de corte se determina por:

$$A_s = b \times l$$

$$A_s = 5 \times 20$$

$$A_s = 100 \text{ mm}^2$$



La fuerza de la chaveta

La fuerza de la chaveta se produce por la acción del par de torsión aplicado. Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. La fuerza de la cuña se determina por:

$$F = \frac{2T}{D}$$

$$F = \frac{2(9.13 \text{ lb} \cdot \text{in})}{1/2 \text{ in}}$$

$$F = 36.52 \text{ lb.}$$

El esfuerzo cortante de la cuña es.

Según el libro de Resistencia de Materiales aplicada tercera edición, Robert L Mott. Pág. 18. El esfuerzo cortante se determina por:

$$\tau = \frac{F}{A_s}$$

$$\tau = \frac{36.52 \text{ lb}}{0.155 \text{ in}^2}$$

$$\tau = 235.61 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

4.12. Selección del pasador.

Los pasadores unen y fijan piezas para asegurarlas contra deslizamientos y para que permanezcan en su posición. Se selecciona un pasador cilíndrico con un diámetro de 4mm y una longitud de 14mm (*Tabla 11*), material es acero inoxidable AISI 304.

Pasador cilíndrico DIN7 – 4m6x14 – AISI 304.

Del libro Resistencia de Materiales aplicada por Robert L. Mott, se determina que el material se fractura cuando $\tau = S_{us} = 0.82S_u$ (*Tabla 12*), (*tabla 12*).

Donde:



S_u = Resistencia ultima a cortante.

$$S_{us} = 0.82S_u$$

$$S_{us} = 0.82 \left(89923.4 \text{ lb/in}^2 \right)$$

$$S_{us} = 73737.188 \text{ psi}$$

Área de sección transversal para el pasador se determina por:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (0.1575)^2}{4}$$

$$A = 0.0195 \text{ in}^2$$

$$F = \tau A$$

$$F = (73737.188 \text{ psi})(0.0195 \text{ in}^2)$$

$$F = 1437.875 \text{ lb}$$

El par de torsión es:

$$T = FD$$

$$T = (1437.875 \text{ lb}) \left(\frac{1}{2} \text{ in} \right)$$

$$T = 718.94 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Las dimensiones del pasador seleccionado es capaz de soportar el par de torsión de $9.13 \text{ lb} \cdot \text{in}$



Capítulo 5. Diseño de la estructura.

Este capítulo trata primeramente de calcular el peso del reactor de biodiesel y el metoxido según las partes que lo conforman en presencia de líquido y en vacío, luego se realizan los cálculos de resistencia según el material seleccionado.

5.1. Calculo del peso del reactor de biodiesel.

- Parte cilíndrica.

La parte cilíndrica se calcula por:

$$G_a = \pi \cdot D \cdot H \cdot \gamma \cdot g \cdot s$$

Donde:

γ = *Peso específico del metal.*

g = *Gravedad*

s = *Espesor*

D = *Diámetro exterior.*

H = *Altura del cilindro.*

$$G_a = \pi (0.405m)(0.550m) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) (2.4 \times 10^{-3}m)$$

$$G_a = 130.65 \text{ N}$$

- Tapa plana

La tapa plana se calcula por:

$$G_b = r^2 \cdot \pi \cdot s \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

γ = *Peso específico del metal.*



$g = \text{Gravedad}$

$s = \text{Espesor}$

$r = \text{Radio.}$

$$G_b = (0.2025m)^2(\pi)(2.4 \times 10^{-3}m) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$G_b = 24.05N$$

- Fondo cónico.

El fondo cónico se calcula por:

$$G_c = 1.5708 c (D + d) \cdot s \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

$D = \text{Diámetro mayor.}$

$d = \text{Diámetro menor.}$

$\gamma = \text{Peso específico del metal.}$

$g = \text{Gravedad}$

$s = \text{espesor}$

$$G_c = 1.5708 (0.24547)[0.405 + 0.0304] (2.4 \times 10^{-3}) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$G_c = 31.34 N$$

Nota: las fórmulas de la parte cilíndrica, tapa plana y fondo cónico fue tomado de la guía metodológica para el proyecto de curso de equipo de transferencia de calor, página 121.



- El peso del motor de 3/4 HP

El peso del motor es de $W = 25lbs \cong 6.95 N$ tomado del catálogo Leeson, página 8.

- El peso del tapón de llenado.

El material del tapón es de teflón con un peso específico de 2.13 g/cm^3 y el volumen de $1.9646 \times 10^{-04} \text{ m}^3$, la masa se obtiene multiplicando el volumen y el peso específico.

$$\text{masa} = 0.42 \text{ Kg}$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 0.42 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4.12 \text{ N}$$

- El peso del soporte del motor.

El material del soporte del motor es ASTM A – 36 tiene un peso específico de 7860 Kg/m^3 y el volumen del soporte de $2.25 \times 10^{-04} \text{ m}^3$, la masa se obtiene multiplicando el volumen y el peso específico.

$$\text{masa} = 1.7685 \text{ Kg}$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 1.7685 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 17.35 \text{ N}$$

El peso del equipo (parte metálica) es:

$$G' = G_a + G_b + G_c + \Sigma F$$

$$G' = 214.46 \text{ N}$$



Se calcula el peso del líquido que contiene el equipo:

- Parte cilíndrica:

La parte cilíndrica se calcula por:

$$G_d = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

γ = Densidad del sebo de res.

H = Altura del cilindro.

g = Gravedad.

$$G_d = \frac{\pi(0.405m)^2}{4} \cdot (0.550m) \cdot \left(920 \frac{Kg}{m^3}\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$G_d = 639.47 N$$

- Fondo cónico:

El fondo cónico se calcula por:

$$G_e = 0.2618h(D^2 + Dd + d^2) \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

D = Diámetro mayor.

d = Diámetro menor.

γ = Densidad del sebo de res.

g = Gravedad.

$$G_e = 0.2618 (0.159m)[(0.405m)^2 + (0.405m \cdot 0.0304m) + (0.0304m)^2] \cdot 920 \frac{Kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$G_e = 66.59 N$$



El peso total del líquido es:

$$G'' = G_d + G_e$$

$$G'' = 639.47N + 66.59N$$

$$G'' = 706.06N$$

Nota: las formulas de la parte cilíndrica, tapa plana y fondo cónico fue tomado de la guía metodológica para el proyecto de curso de equipo de transferencia de calor, página 122.

El peso total del reactor del biodiesel es:

$$G_b = G' + G''$$

$$G_b = 214.46N + 706.06N$$

$$G_b = 920.52N$$

El peso total del reactor del biodiesel se obtuvo sumando el peso del equipo y el peso del líquido siendo de **920.52N**.

5.2. Calculo del peso del reactor del metoxido.

- Parte cilíndrica.

La parte cilíndrica se calcula por:

$$G_f = \pi \cdot D \cdot H \cdot \gamma \cdot g \cdot s$$

Donde:

γ = Peso específico del metal.

g = Gravedad.

s = espesor

H = Altura del cilindro.

D = Diámetro exterior.



$$G_f = \pi (0.255m)(0.290m) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) (2.4 \times 10^{-3}m)$$

$$G_f = 43.38 N$$

- Tapa plana.

La tapa plana se calcula por:

$$G_b = r^2 \cdot \pi \cdot s \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

γ = *Peso específico del metal.*

g = *Gravedad*

s = *Espesor*

r = *Radio.*

$$G_b = (0.1275m)^2 (\pi) (2.4 \times 10^{-3}m) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$G_b = 9.54N$$

- Fondo cónico.

El fondo cónico se calcula por:

$$G_h = 1.5708 c (D + d) \cdot s \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

D = *Diámetro mayor.*

d = *Diámetro menor.*

γ = *Peso específico del metal.*

g = *Gravedad.*

s = *espesor*



$$G_h = 1.5708 (0.14774)[0.255 + 0.0304] (2.4 \times 10^{-3}) \left(7930 \frac{Kg}{m^3} \right) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right)$$

$$G_h = 12.36 N$$

Nota: las formulas de la parte cilíndrica, tapa plana y fondo cónico fue tomado de la guía metodológica para el proyecto de curso de equipo de transferencia de calor, página 121.

- El peso del motor.

El peso del motor es de $W = 16 lbs \cong 4.45 N$ tomado del catálogo Leeson, página 8.

- El peso del tapón de llenado.

El material del tapón es de teflón con un peso específico de $2.13 \frac{g}{cm^3}$ y el volumen del tapón de $1.9646 \times 10^{-04} m^3$, la masa se obtiene multiplicando el volumen y el peso específico.

$$masa = 0.42 Kg$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 0.42 Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 4.12 N$$

- El peso del soporte del motor.

El material del soporte del motor es ASTM A - 36 tiene un peso específico de $7860 \frac{Kg}{m^3}$ y el volumen del soporte de $2.1435 \times 10^{-04} m^3$, la masa se obtiene multiplicando el volumen y el peso específico.

$$masa = 1.6847 Kg$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 1.6847 Kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$



$$F = 16.53N$$

El peso del equipo (parte metálica) es:

$$G''' = G_f + G_g + G_h + \Sigma F$$

$$G''' = 90.38 \text{ N}$$

Se calcula el peso del líquido que contiene el equipo:

De la guía metodológica para el proyecto de curso de equipo de transferencia de calor se obtienen las siguientes formulas para calcular el peso del liquido que contiene el reactor del metóxido.

- Parte cilíndrica:

$$G_i = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

γ = Densidad del metoxido.

H = Altura del cilindro.

g = Gravedad.

$$G_i = \frac{\pi(0.255m)^2}{4} \cdot (0.290m) \cdot \left(786.6 \frac{Kg}{m^3}\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$G_i = 114.28 \text{ N}$$

- Fondo cónico:

$$G_j = 0.2618h(D^2 + Dd + d^2) \cdot \gamma \cdot g$$

Donde:

D = Diámetro mayor.

d = Diámetro menor.

γ = Densidad del metoxido.



$g = \text{Gravedad.}$

$$G_j = 0.2618 (0.096m)[(0.255m)^2 + (0.255m \cdot 0.0304m) + (0.0304m)^2] \\ \cdot 786.6 \frac{Kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} G_j = 14.29 N$$

El peso total del líquido es:

$$G'' = G_i + G_j$$

$$G'' = 114.28N + 14.29N$$

$$G''' = 128.57N$$

Nota: las formulas de la parte cilíndrica, tapa plana y fondo cónico fue tomado de la guía metodológica para el proyecto de curso de equipo de transferencia de calor, página 122.

El peso total del reactor del metóxido es:

$$G_m = G''' + G''''$$

$$G_m = 90.38N + 128.57 N$$

$$G_m = 218.95N$$

El peso total del reactor del metóxido se obtiene sumando el peso del equipo y el peso del líquido siendo de **218.95N**.

Para la construcción de la estructura se utilizara el angular de acero (ASTM – A36) con longitud de patas iguales su dimensión es de L51 x 51 x 3.2 mm. Libro de Mecánica de materiales, página 711.

El angular que presenta las siguientes propiedades (*ver tabla 15*):

$$m = 2.4 \frac{Kg}{m}$$

$$I = 0.0791 \times 10^6 mm^4$$

$$A = 312 mm^2$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 200Gpa$$



Modulo de rigidez = 77 GPa

Resistencia última de tensión = 400 MPa

Para el análisis de resistencia de material del angular se suman los pesos del reactor de metóxido, reactor de biodiesel, los angulares y los tubos rectangulares, para calcular el esfuerzo y el pandeo de uno de las angulares de la estructura.

El peso total del equipo es:

$$G_t = G_b + G_m + G_{angulares} + G_{tubos rectangulares}$$

$$G_t = 1976.136 \text{ N}$$

Calculo del esfuerzo:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{1972.196 \text{ N}}{0.000312 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 6.33 \text{ MPa}$$

Los 6.33 MPa es el esfuerzo que se aplica a un angular, pero en realidad esta fuerza se distribuirá en cuatro angulares, por tanto, la fuerza que soporta es aún menor y comparándolo con las propiedades, su resistencia última de tensión es de 400 Mpa, por tanto, la estructura soporta las cargas a las que estará sometida.

Calculo de pandeo:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Donde:

E: modulo de elasticidad.

I: Momento de Inercia



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (200 \times 10^9 \text{ pa})(7.01 \times 10^{-8} \text{ m}^4)}{(0.705 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = 278.40 \text{ KN}$$

El angular L51 x 51 x 3.2 mm tiene la capacidad de sostener la carga de 1993.88 N, por que no experimenta un cambio súbito en su deformación o pandearse bajo la acción de la carga al estar sometido a compresión.

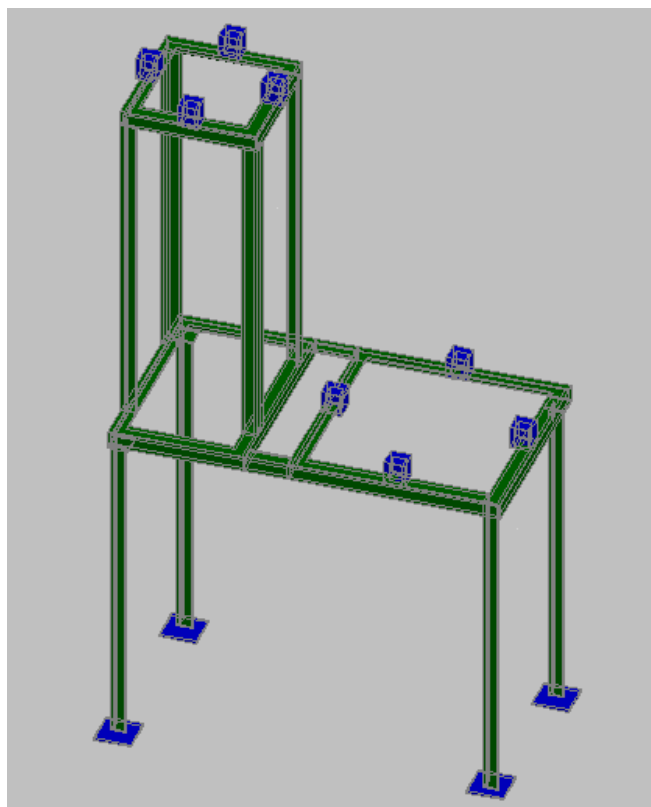


Figura 31. Estructura



Capítulo 6. Soldadura.

La soldadura es en realidad un proceso metalúrgico que hace posible la unión de los metales, el tipo de fuente de calor a utilizar es básicamente la soldadura de arco eléctrico, se selecciona el electrodo según los factores, como también el tipo de soldadura y luego los calculo del volumen de soldadura de cada una de las partes y elementos que componen la planta piloto de producción de biodiesel para determinar la cantidad de electrodo a utilizar.

6.1. Selección del electrodo.

Siguiendo los factores se elegirá el electrodo que es compatible con el angular de acero A36 para la construcción de la estructura que soporta los dos tanques (el reactor de biodiesel y el reactor de metóxido), el cual posee las siguientes propiedades químicas.

ASTM-A 36

Grado de Acero	Composición Química (% en peso)										
	C Máx.	Mn	P Máx.	S Máx.	Si Máx.	Cu	Cb	V	Ni	Cr	N2
ASTM A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.040	0.050	0.40	---	---	---	---	---	---

De acuerdo a esta composición los electrodos que son compatibles o que poseen los mismos componentes químicos con el acero A36 son E6010, E 6011, E 6013, E 7018, E 7024. Además, tenemos que elegir el electrodo más adecuado para trabajar en todas las posiciones que se puedan presentar y eso electrodos son: E6010, E 6011, E 6013, E 7018, excepto el E7024 ya que este solo permite soldar en posición plana y horizontal.

El electrodo seleccionado es el E6013, es un electrodo celulósico de penetración profunda en todas las posiciones, se usa en trabajos estructurales, reparaciones y uniones de tubería.



El diámetro del electrodo es de $1/8 \text{ in} \cong 3.25 \text{ mm}$ y la intensidad recomendable es de 90 – 130 A. Para orientarse ver la *tabla 16* de los anexos.

Anteriormente se mencionaba que los recipientes a presión se construirán con el acero inoxidable 304, el cual posee la siguiente composición química:

Análisis químico según Norma Nacional NMX B-83 (% en peso):

	C	Si máx.	Mn máx.	P máx.	S máx.	Cr	Ni
304	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00-20.00	8.00-10.50

De acuerdo a la composición química del acero inoxidable 304, es un acero al cromo que suelen soldarse normalmente con electrodos de acero al cromo –níquel debido a la ductilidad del metal que depositan, como resultado el electrodo a utilizar es el E308L–16 (*ver tabla 17*), siendo un electrodo de núcleo sólido tipo austenítico, recomendado para la soldadura de acero inoxidables de tipo 302, 308, 308L y 304. Es ideal para recubrir o enchapar y dar protección contra la corrosión a los aceros dulces. El diámetro del electrodo es de $3/32 \text{ in}$ y la corriente recomendada es de 50–75A.

6.2. Selección del tipo de soldadura.

Se selecciona la soldadura de filete para la construcción de la estructura por que las piezas a unir no están en el mismo plano, es decir alineadas sobre un mismo eje. Además, la soldadura de filete soporta mayores esfuerzos de tensión y compresión que la soldadura de ranura.

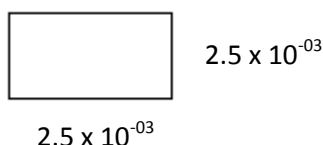
Para la construcción de los reactores se selecciona la soldadura de ranura ya que la unión se va llevar a cabo en un mismo plano, además una de las aplicaciones de este tipo de soldadura es la construcción de tanque sometidos a presión.



6.3. Cálculo de soldadura.

6.3.1. Volumen de soldadura para el reactor del biodiesel.

El espesor de la lámina de acero inoxidable a soldar es de 3/32" aproximadamente $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$. Para la soldadura de ranura la separación entre las placas a unir es de 0.7-1 veces el espesor del material, en este caso se tomó una separación igual al espesor del material.



Entonces el área de soldadura se calcula elevando el espesor al cuadrado.

$$A = (2.5 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = 6.25 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Para determinar la cantidad de soldadura a emplear es necesario calcular el volumen de soldadura de las partes a unir.

6.3.2. Volumen de soldadura del cuerpo del cilindro (V_1).

Para la construcción del cuerpo del cilindro, la longitud de la placa a soldar es de 0.55 mts, el volumen de soldadura se obtiene de la multiplicación del área de soldadura por la longitud del cuerpo del cilindro.

$$V_1 = A \times L = (6.25 \times 10^{-6} \text{ m}^2)(0.55 \text{ m})$$
$$V_1 = 3.44 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

6.3.3. Volumen de soldadura de la tapa (V_2).

Para calcular el volumen de soldadura de las tapas es necesario conocer el perímetro del cilindro (P), el volumen de soldadura se calcula multiplicando el perímetro por el área de soldadura. El diámetro del cilindro es de 0.405 mts.

$$P = \pi \times D$$

$$P = \pi (0.405 \text{ m}) = 1.272 \text{ m}$$



$$V = AxP = (6.25 \times 10^{-06} m^2)(1.272 m)$$

$$V = 7.95 \times 10^{-06} m^3$$

7.95×10^{-06} es el volumen de soldadura para la tapa superior y también es el mismo volumen de soldadura para la unión entre el cilindro y el cono, lo cual se multiplicara por 2 para obtener:

$$V_2 = (2)(7.95 \times 10^{-06} m^3)$$

$$V_2 = 1.59 \times 10^{-05} m^3$$

6.3.4. Volumen de soldadura del cono (V3).

Para determinar el volumen de soldadura del cono se multiplica la longitud de soldadura del cono por el área de soldadura. La longitud del área a soldar es de 0.261m.

$$V_3 = AxL$$

$$V_3 = (6.25 \times 10^{-06} m^2)(0.261 m)$$

$$V_3 = 1.63 \times 10^{-06} m^3$$

6.4. Volumen de soldadura para el reactor del metoxido.

Para el cálculo de los volúmenes de soldadura del reactor de metóxido se siguen los mismos pasos que en el reactor de biodiesel. El área de soldadura es la misma en ambos casos. La altura del reactor es de 0.290mts, el diámetro es de 0.250mts y la longitud del cono es de 0.163mts.

6.4.1. Volumen de soldadura del cuerpo del cilindro (V4).

$$V_4 = AxL$$

$$V_4 = (6.25 \times 10^{-06} m^2)(0.290 m)$$

$$V_4 = 1.81 \times 10^{-06} m^3$$



6.4.2. Volumen de soldadura de las tapas (V_5).

$$P = \pi x D$$

$$P = \pi(0.250m)$$

$$P = 0.785m$$

$$V = AxP = (6.25 \times 10^{-06} m^2)(0.785m)$$

$$V = 4.91 \times 10^{-06} m^3$$

$$V_5 = (2)(4.91 \times 10^{-06} m^3)$$

$$V_5 = 9.81 \times 10^{-06} m^3$$

6.4.3. Volumen de soldadura del cono (V_6).

$$V_6 = AxL$$

$$V_6 = (6.25 \times 10^{-06} m^2)(0.163m)$$

$$V_6 = 1.018 \times 10^{-06}$$

6.5. Volumen de soldadura de las uniones roscada.

6.5.1. Volumen de soldadura de la unión roscada para el tapón del reactor de biodiesel.

El diámetro de la unión roscada es de 65 mm, esta se soldara en la tapa superior del reactor de biodiesel con una unión en T de tipo filete, el espesor de relleno es de aproximadamente igual al diámetro del electrodo de $2.5 \times 10^{-03} m$ el área de la soldadura es la siguiente:

$$A = \frac{bxh}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m)x(2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

$$P = \pi x D$$



$$P = \pi(0.065m)$$

$$P = 0.20m$$

$$V_7 = AxP = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.20m)$$

$$V_7 = 6.26 \times 10^{-07} m^3$$

6.6. Volumen de soldadura de la unión roscada de la Resistencia.

Para el cálculo de los volúmenes de soldadura de la unión roscada para la Resistencia se siguen los mismos pasos que el de la unión roscada para el tapón del reactor de biodiesel. El diámetro es de 67mm y el área de soldadura es la misma.

$$P = \pi x D$$

$$P = \pi(0.067m)$$

$$P = 0.21m$$

$$V_8 = AxP = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.21m)$$

$$V_8 = 6.57 \times 10^{-07} m^3$$

6.6.1. Volumen de soldadura de la unión roscada para la termocupla tipo J.

El diámetro es de 18 mm y el área de soldadura es la misma de la unión roscada para la Resistencia y para el tapón del reactor de biodiesel.

$$P = \pi x D$$

$$P = \pi(0.018m)$$

$$P = 0.06m$$

$$V_9 = AxP = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.06m)$$

$$V_9 = 1.88 \times 10^{-07} m^3$$



6.6.2. Volumen de soldadura de la unión roscada para el tapón del reactor de metóxido.

Los cálculos son semejantes a los de la unión roscada para el tapón del reactor de biodiesel a diferencia que en este caso el diámetro de la unión roscada para el tapón del reactor de metóxido es de 50 mm. El área de la soldadura es la misma.

$$P = \pi x D$$

$$P = \pi(0.05m)$$

$$P = 0.16m$$

$$V_{10} = AxP = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.16m)$$

$$V_{10} = 5.008 \times 10^{-07} m^3$$

6.7. Volumen de soldadura para los agitadores.

6.7.1. Volumen de soldadura del agitador con pala plana inclinada del biodiesel.

La construcción del agitador requiere de cuatro láminas inclinadas a 45°, soldadas mediante la soldadura de tipo filete en ambos lados de la lamina, lo que hace un total de dieciséis pasadas, al ser dos pasadas en cada lado abarcando una longitud soldada de 25 mm, a continuación se presentan los cálculos:

El área de la soldadura es la siguiente:

$$A = \frac{bxh}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m)x(2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

Volumen de soldadura.



$$V = AxL$$

$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.025 m)$$

$$V = 7.825 \times 10^{-08} m^3$$

$7.825 \times 10^{-08} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los ocho lados que se van a soldar.

$$V_{11} = (16)(7.825 \times 10^{-08} m^3)$$

$$V_{11} = 1.25 \times 10^{-06} m^3$$

6.7.2. Volumen de soldadura del agitador con pala plana inclinada del metóxido.

El tipo de soldadura del agitador con pala plana inclinada del metóxido es de tipo filete, la longitud a soldar es de 16 mm y son cuatro laminas que se soldaran en ambos lados.

El área de la soldadura es la siguiente:

$$A = \frac{bxh}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m)x(2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

Volumen de soldadura.

$$V = AxL$$

$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.016 m)$$

$$V = 5.008 \times 10^{-08} m^3$$

$5.008 \times 10^{-08} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los ocho lados que se van a soldar.

$$V_{12} = (16)(5.008 \times 10^{-08} m^3)$$



$$V_{12} = 8.013 \times 10^{-07} m^3$$

6.7.3. Volumen de soldadura de los sujetadores de los deflectores del reactor de biodiesel.

Los sujetadores se soldaran en la pared del cuerpo del reactor, siendo ochos en total y en ambos lados se soldaran, por tanto, serán 16 pasadas con una longitud de 12.5 mm y como en soldaduras anteriores se utilizará la soldadura de filete en unión T.

El área de la soldadura es la siguiente:

$$A = \frac{b \times h}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m) \times (2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

Volumen de soldadura.

$$V = A \times L$$

$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2) (0.0125 m)$$

$$V = 3.91 \times 10^{-08} m^3$$

$3.91 \times 10^{-08} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los dieciséis lados que se van a soldar.

$$V_{13} = (16)(3.91 \times 10^{-08} m^3)$$

$$V_{13} = 6.26 \times 10^{-07} m^3$$

A demás se soldaran los deflectores y los sujetadores con el mismo tipo de unión y área a soldar.

Volumen de soldadura.

$$V = A \times L$$



$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.0405 m)$$

$$V = 1.27 \times 10^{-07} m^3$$

$1.27 \times 10^{-07} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los dieciséis lados que se van a soldar.

$$V_{14} = (16)(1.27 \times 10^{-07} m^3)$$

$$V_{14} = 2.032 \times 10^{-06} m^3$$

6.7.4. Volumen de soldadura de los deflectores y sujetadores de los deflectores del reactor de metoxido.

Para el cálculo del volumen de soldadura de los sujetadores de los deflectores del reactor de metoxido se siguen los mismos pasos que en el reactor de biodiesel. El valor del área de soldadura y la longitud a soldar son las mismas.

$$V_{15} = (16)(3.91 \times 10^{-08} m^3)$$

$$V_{15} = 6.26 \times 10^{-07} m^3$$

También se soldaran los deflectores y los sujetadores con el mismo tipo de unión y área a soldar.

Volumen de soldadura.

$$V = AxL$$

$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.0255 m)$$

$$V = 7.98 \times 10^{-08} m^3$$

$7.98 \times 10^{-08} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los dieciséis lados que se van a soldar.

$$V_{16} = (16)(7.98 \times 10^{-08} m^3)$$

$$V_{16} = 1.28 \times 10^{-06} m^3$$



6.7.5. Volumen de soldadura para soldar las camisas.

$$A = \frac{bxh}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m) \times (2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

$$P = \pi x D$$

$$P = \pi(0.0254 m)$$

$$P = 0.08 m$$

$$V = AxP = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.08 m)$$

$$V = 2.504 \times 10^{-07} m^3$$

En la planta piloto se soldaran cuatro camisas con igual diámetro.

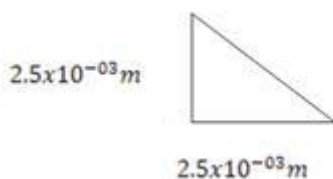
$$V_{17} = (3)(2.504 \times 10^{-07} m^3)$$

$$V_{17} = 7.512 \times 10^{-07} m^3$$

6.7.6. Volumen de soldadura para los soportes de los motores.

➤ Volumen de soldadura para el soporte del reactor del biodiesel.

Para la construcción del soporte se utilizara la soldadura de filete mediante la unión en T, el material relleno proporciona una sección transversal de aproximadamente la forma de un triángulo, y un espesor de aproximadamente igual al diámetro del electrodo.





El área de la soldadura es la siguiente:

$$A = \frac{bxh}{2}$$

$$A = \frac{(2.5 \times 10^{-03} m) \times (2.5 \times 10^{-03} m)}{2}$$

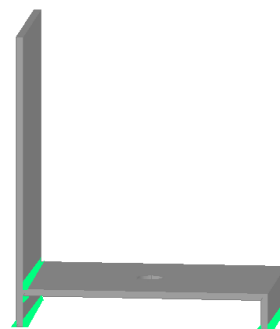


Figura 32. Soporte de los reactores.

$$A = 3.13 \times 10^{-06} m^2$$

Volumen de soldadura.

$$V = AxL$$

$$V = (3.13 \times 10^{-06} m^2)(0.151 m)$$

$$V = 4.73 \times 10^{-07} m^3$$

$4.73 \times 10^{-07} m^3$ es el volumen de soldadura para uno de los seis lados que se van a soldar, pero al ser dos pasadas en cada lado se hace un total de 12 pasadas.

$$V_{18} = (12)(4.73 \times 10^{-07} m^3)$$

$$V_{18} = 5.676 \times 10^{-06} m^3$$

➤ **volumen de soldadura para el soporte del reactor del metoxido.**

El área y la longitud a soldar en el soporte del reactor del metoxido es igual al del reactor del biodiesel, por tanto, los cálculos de volumen son los mismos.

$$V_{19} = 5.676 \times 10^{-06} m^3$$

6.8. Volumen total de soldadura.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10} + V_{11} + V_{12} + V_{13} + V_{14} \\ + V_{15} + V_{16} + V_{17} + V_{18} + V_{19}$$



$$\begin{aligned}
 V = & (3.44 \times 10^{-06} + 1.59 \times 10^{-05} + 1.63 \times 10^{-06} + 1.81 \times 10^{-06} + 9.81 \times 10^{-06} \\
 & + 1.018 \times 10^{-06} + 6.26 \times 10^{-07} + 6.57 \times 10^{-07} + 1.88 \times 10^{-07} \\
 & + 5.008 \times 10^{-07} + 1.25 \times 10^{-06} + 8.013 \times 10^{-07} + 6.26 \times 10^{-07} \\
 & + 2.032 \times 10^{-06} + 6.26 \times 10^{-07} + 1.28 \times 10^{-06} + 7.512 \times 10^{-07} \\
 & + 5.676 \times 10^{-06} + 5.676 \times 10^{-06}) m^3
 \end{aligned}$$

$$V = 5.43 \times 10^{-05} m^3$$

6.9. Masa de soldadura requerida (M_R).

La masa de soldadura ocupada en el proceso se calcula al multiplicar el volumen de soldadura por la densidad del acero inoxidable ($\rho = 7930 \text{ kg/m}^3$).

$$M_R = (5.43 \times 10^{-05} m^3)(7930 \text{ Kg/m}^3)$$

$$M_R = 0.43 \text{ Kg}$$

Para calcular el volumen de aportación de cada electrodo se multiplica el área del electrodo por la longitud del mismo. Donde el diámetro del electrodo es de $2.5 \times 10^{-03} \text{ m}$ y la longitud es de 0.25 m .

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$V = \frac{\pi}{4} \times (2.5 \times 10^{-03} \text{ m})^2 (0.305 \text{ m})$$

$$V = 1.49 \times 10^{-06} m^3$$

El electrodo no puede ser utilizado en su totalidad por lo que es necesario multiplicar el volumen de aportación del electrodo por un factor de eficiencia para obtener el rendimiento del electrodo (V_e). Se utiliza la eficiencia del electrodo de 85%.

$$V_e = (1.49 \times 10^{-06} m^3)(0.85)$$

$$V_e = 1.27 \times 10^{-06} m^3$$

La masa de aportación del electrodo se obtiene de la multiplicación del volumen del electrodo por la densidad del mismo.



$$M_e = (1.27 \times 10^{-6} m^3)(7930 \text{ Kg}/m^3)$$

$$M_e = 0.01 \text{ Kg}$$

La cantidad de electrodos a utilizar se determina mediante la división de la masa total de electrodos requerida entre la masa de aportación de un electrodo. $Q = M_R / M_E$

$$Q = \frac{0.43 \text{ Kg}}{0.01 \text{ Kg}}$$

$$Q = 43 \text{ electrodos.}$$

A este número de electrodos calculado es necesario darle un factor de seguridad del 10%

$$43 \text{ electrodos} \times 10\% = 4.3 \text{ electrodos}$$

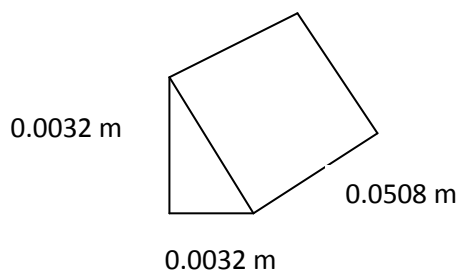
$$43 + 4.3 = 47.3 \cong 48 \text{ electrodos}$$

En el comercio 1Lb de soldadura de Electrodo E308L-16 está conformada por 25 varillas entonces:

$$48/25 = 1.92 \text{ lb} \approx 2.5 \text{ lb de soldadura es la requerida para realizar las uniones soldadas.}$$

6.10. Cálculo de soldadura para la estructura.

El cálculo de la soldadura en la construcción de la estructura es la siguiente:



$$A = \frac{1}{2}bh = \frac{1}{2}(0.0032 \text{ m})^2 = 5.12 \times 10^{-6} m^2$$



$$V = A \times L$$

$$V = 5.12 \times 10^{-6} m^2 \times 0.0508 m$$

$$V = 2.60 \times 10^{-7} m^3 \text{ En cada cordon de soldadura.}$$

$$2.60 \times 10^{-7} m^3 \times 8 \text{ nodos} \times 8 \frac{\text{cordones}}{\text{nodos}} = 1.664 \times 10^{-5} m^3$$

$$2.60 \times 10^{-7} m^3 / \text{cordones} \times 4 \text{ Bases} \times 12 \frac{\text{Cordones}}{\text{Bases}} = 1.248 \times 10^{-5} m^3$$

$$2.60 \times 10^{-7} \frac{m^3}{\text{cordones}} \times 8 \text{ soportes de tanque} \times 32 \frac{\text{cordones}}{\text{soporte de tanques}}$$

$$= 6.656 \times 10^{-5} m^3$$

Total de soldadura

$$1.664 \times 10^{-5} m^3 + 1.248 \times 10^{-5} m^3 + 6.656 \times 10^{-5} m^3 = 9.568 \times 10^{-5} m^3$$

$$M_R = V \times \rho, \text{ donde } \rho = 7860 \frac{Kg}{m^3} \text{ (Tabla 18)}$$

$$M_R = (9.568 \times 10^{-5} m^3) \left(7860 \frac{Kg}{m^3} \right) = 0.752 Kg$$

$$A_{ELECTRODO} = \frac{\pi \phi^2}{4} = \frac{\pi (0.0032 m)^2}{4} = 8.04 \times 10^{-6} m^2$$

$$V = A \times L$$

$$V = 8.04 \times 10^{-6} m^2 \times 0.35 m = 2.81 \times 10^{-6} m^3$$

Si la eficiencia del electrodo es 85% entonces:

$$2.81 \times 10^{-6} m^3 \times 0.85 \% = 2.38 \times 10^{-6} m^3$$

$$M_E = V \rho$$

$$M_E = 2.38 \times 10^{-6} m^3 \times 7860 \frac{Kg}{m^3} = 0.018 Kg$$



$$Q = \frac{M_R}{M_E} = \frac{0.752 \text{ Kg}}{0.018 \text{ Kg}} = 41.7 \approx 42 \text{ electrodos}$$

Aplicando un factor de seguridad 10 %

$42 \times 0.10\% = 4.2$, por tanto son $42 + 4.2 = 46.2$ o sea 47 electrodos.

Si 15 electrodo trae una libra, entonces:

$$42 + 4.2 = \frac{47}{15} \text{ electrodos}$$

4 lb de soldadura se utilizara para la construccion de la estructura.



Capítulo 7. Selección del sistema eléctrico.

Abordaremos los componentes eléctricos necesarios para asegurar la protección de los motores como su respectivo circuito de fuerza y de mando para motores monofásicos, también se detalla la selección de la resistencia, termocupla, controlador de temperatura y el variador de velocidad del motor.

7.1. Selección del contactor.

Las especificaciones técnicas del motor eléctrico 1/4 HP nos indican el voltaje, la corriente de fase y de línea del motor, siendo $V = 208\text{--}230\text{V}$, $S.F = 2.8\text{--}2.9\text{A}$ y $F.L = 2.6\text{--}2.7\text{A}$, parámetros necesarios para la selección del contactor. Utilizando el catalogo Control y Distribución SIEMENS se selecciona el modelo 3RT1. 15 por que la intensidad asignada de empleo es de 7 A y la capacidad de carga 240 VAC, condiciones requeridas para proteger el motor eléctrico (*ver tabla 19*).

Para el motor eléctrico 3/4 HP y para la resistencia de 1.5 kw se selecciona el modelo 3RT1. 16 de 9 A y 240V, ya que en las especificaciones técnicas del motor el voltaje, la corriente de fase y de línea son las siguiente: $V = 208\text{--}230\text{ V}$, $S.F = 6.1\text{--}6.2\text{A}$ y $F.L = 5.3\text{--}5.4\text{ A}$, estos parámetros permiten seleccionar correctamente el contactor (*ver tabla 19*).

7.2. Selección del relé térmico.

Para el motor eléctrico 3/4 HP se selecciona el modelo 3RU11 16 – 1HB0 de tamaño S00 con una gama de regulación de 5.5 – 8 A. (*ver tabla 20*)

Para el motor eléctrico 1/4 HP se selecciona el modelo 3RU11 26 – 1EB0 con una gama de regulación de 2.8 – 4 A. (*ver tabla 20*)

Los rangos de regulación de corriente en ambos relé bimetálicos abarcan los valores de las corrientes de línea y de fase en ambos motores, permitiendo regular la corriente adecuada para que el relé se dispare en circunstancia de cortocircuito o de sobrecarga.



7.3. Selección del pulsador.

Se elige el contactor y el relé térmico por que se montaran en el arrancador de caja termoplástica de 9 A y 240 VAC, de tamaño 2 con una potencia monofásica de 220 V, para 0.25 HP el rango de ajuste del relé de sobrecarga es de 2.8 – 4 A y para el 0.75 HP es de 5.6 – 8 A. (Ver anexos 21)

7.4. Selección del conductor.

7.4.1. Selección del conductor para motor de 3/4Hp.

P=560W y un voltaje de alimentación de 220v.

Se calcula la corriente que se consume

$$P=VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{560Watts}{220V}$$

$$I = 2.54 Ampers$$

7.4.2. Selección del conductor para motor de 1/4Hp.

P= 190 W y un voltaje de alimentación de 220v

Se calcula la corriente que se consume

$$P=VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{190Watts}{220V}$$

$$I = 0.86 Ampers$$

Con este dato se va a las *tabla 22* de los conductores la cual muestra la capacidad de corriente que soportan.

En estos casos se elige el calibre 12AWG el cual soporta 20 Amperes. No se podrá utilizar el conductor N° 14 que soporta 15 A por que este conductor sólo se utiliza para conexión de luminarias, según normas establecidas por el CIEN. (Código de instalaciones eléctricas Nicaragüense).



7.4.3. Selección del conductor para resistencia eléctrica.

$P=1500W$ y un voltaje de alimentación de $220v$

$$P=VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1500Watts}{220V}$$

$$I = 6.82 \text{ Amperes}$$

En este caso se va a utilizar un calibre 12AWG el cual soporta 20 amperes

7.4.4. Selección del conductor que alimenta el centro de carga.

Para la elección del conductor que va alimentar el centro de carga se tiene que tomar en cuenta el voltaje a trabajar como el aparato que se le va a suministrar la corriente eléctrica. En este caso se va trabajar con $220 V$ y con un cable número AWG 12 ya que la corriente mayor es la resistencia con 6.82 Amperes, así que se elige el cable PRYSMIAN H05VV-F el cual soporta $300/500 V$ (ver tabla 23) y además son utilizados en esfuerzos mecánicos medios como son lavadoras, motores, refrigeradores etc.

7.5. Selección del centro de carga.

El centro de carga es un tablero metálico que contiene una cantidad determinada de interruptores magnéticos, que generalmente funcionan para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas.

Para el proyecto se elige el centro de carga de acuerdo a los cables de alimentación y a la cantidad de corriente que este puede soportar teniendo en cuenta la corriente que el equipo necesita como es el caso de los motores.

El modelo de centro de carga es el QO816L100F/S, ver tabla 24.

7.6. Selección del interruptor termo magnético.

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos.



El interruptor a utilizar es el modelo CH115 que soporta 15 A de corriente nominal, es muy comunes en el mercado nacional. *Ver tabla 25*

El número de interruptores son tres con dos polos para alimentar los dos motores monofásicos y la resistencia.

7.7. Caída de tensión en una instalación.

Se le llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal. La caída de voltaje máxima permitida por el Código de instalaciones eléctricas nicaragüense (CIEN) es: 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%.

Suponiendo que la distancia entre el centro de carga y el interruptor principal están a 150m, y el centro de carga tiene 3 circuitos y consumen entre los tres 2250 W, están conectada a una acometida monofásica 240 V y se usa un conductor calibre 12, los cálculos para la caída de tensión de los conductores que alimentan a ese centro de carga son los siguientes:

$$V_p = \frac{(2 \text{ veces el largo del conductor} \times \text{la corriente en amperes})}{(56 \times \text{seccion del conductor})}$$

Calcular la corriente:

$$I = \frac{2250W}{240V}$$

$$I = 9.38A$$

Entonces:

$$V_p = \frac{(2 \times 150 \times 9.38)}{(56 \times 12)}$$

$$V_p = 4.19 V$$

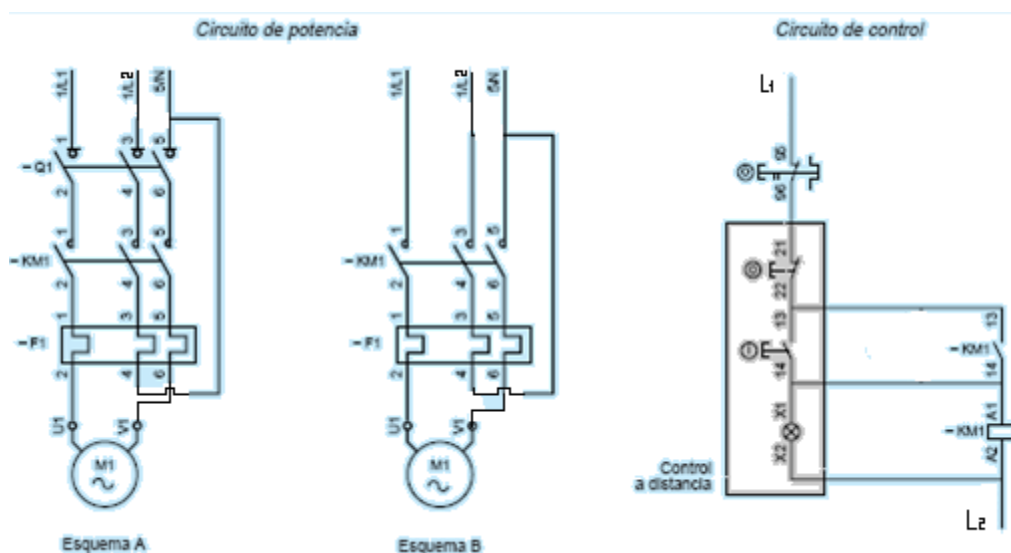
La caída de tensión es de 4.19 volts, esto corresponde al 2% de la tensión de línea, y según CIEN (Código de instalaciones eléctricas Nicaragüense) la caída de tensión máxima permitida es de 3%.

7.8. Selección del circuito de fuerza y mando

El circuito de fuerza o de potencia es el que está formado por los elementos mediante los cuales la corriente que alimenta al o los actuadores (por lo general motores). Este circuito está compuesto por contactores principales del contactor, relé bimetalico y guarda motor.

El circuito de mando es el que está formado por los elementos mediante los cuales pasa la corriente que gobierna a la bobina del contactor, los contactos normalmente cerrados del relé térmico 95 – 96 y el pulsador. Este diagrama no interesa la ubicación de los elementos (pulsadores, interruptores, sensores, contactos NO y NC etc. sino solo la incidencia que tenga dicho elemento en el circuito. Este circuito es conocido como de baja tensión ya que puede trabajar con 24 VCD a 110,220 VCA.

Los circuitos de potencia y mando a utilizar son los siguientes:



Donde 95-96 es el relé de protección térmica F1



7.9. Selección de la resistencia.

El calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma 3U, es una resistencia eléctrica para líquidos modelo DP001 de 180 mm de longitud y 1500 wátios, esta clase de resistencia está perfectamente preparada para calentar aceite, pero debe de tenerse en cuenta que para cargas excesivas y para aceites de baja resistencia térmica, puede deteriorarse el aceite, crearse una capa de carbón que aísla la resistencia y acaba fundiéndola (*ver tabla 26*).

7.10. Selección del termómetro.

Este tipo de sensores se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz, proporcional a ésta.

Para el control de temperatura del reactor de biodiesel se utilizara la termocupla tipo J, son sensores con cable flexibles. El material del tubo del modelo seleccionado es de acero SUS304, diámetro de bulbo 6.4mm, longitud de bulbo 100mm, longitud del cable 2m y la rosca de $\frac{1}{2}$ ". (*Ver tabla 27*)

7.11. Selección del controlador de temperatura.

El controlador digital de temperatura modelo E5CZ consume 7VA de energía, permite varias entradas de temperatura: termopar, entradas análogas, termómetro de resistencia de platino, sensor de temperatura por infrarrojos y la salida de control es un relé de 250 V en corriente alterna y 3 Ampere. El método de control de temperatura es de control ON/OFF o PID y con 7 segmentos e indicadores digitales de una sola luz. Para mayor información ver la *tabla 28*.



7.12. Selección del variador de velocidad del motor.

El VLT Micro Drive es un convertidor de frecuencia de aplicación general que permite controlar motores de CA de hasta 22 Kw. De tamaño compacto, este convertidor ofrece la máxima resistencia y fiabilidad. Conforme a la norma RoHS (Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas) el VLT ha sido fabricado respetando el medio ambiente, tiene una amplia gama de potencia pero para esta investigación se utilizara la potencia monofásica 200 – 240 V CA abarcando los 0.18 – 2.2 Kw. Las demás especificaciones técnicas se encuentran en la tabla 29.



Capítulo 8. Costos de producción de biodiesel.

La estimación de los costos de producción de biodiesel se realizara en base a la capacidad máxima de la planta (50 litros de biodiesel), tomando en cuenta todos los insumos necesarios durante el proceso, así como el consumo eléctrico de los motores, la resistencia y el consumo de agua necesario para el proceso de lavado.

8.1. Consumo eléctrico:

A continuación se detalla el consumo de energía eléctrica en las diferentes etapas del proceso de producción de biodiesel.

Operación	Equipo	Ubicación	Consumo eléctrico	Tiempo	Energía consumida
Reacción del metóxido	Motor eléctrico de 1/4Hp	Reactor de metóxido	0.19kw/h	30min	0.095kw
Reacción de transesterificación	Motor eléctrico de 3/4Hp	Reactor de biodiesel	0.56kw/h	1h	0.56kw
	Resistencia eléctrica de 1.5kw/h		1.5kw/h	1h y 30min	1.833kw
	Lavado del biodiesel		Motor eléctrico de 3/4Hp	0.56kw/h	30min
				total	2.768kw



El costo de la energía eléctrica se obtiene de la multiplicación de la tarifa energética por el consumo eléctrico.

La tarifa energética promedio para la universidad es de 5.29 C\$/kw

$$C_e = 5.29\text{C\$/kw} \times 2.768\text{kw} = \mathbf{14.64\text{C\$}}$$

8.2. Consumo de agua.

Para llevar a cabo el lavado del biodiesel se necesita agregar un volumen de agua del 30% del volumen total, es decir que para el lote de 50lts de biodiesel se necesitan 15lts de agua por cada lavada. El número de lavadas depende de la calidad del producto obtenido, por lo general 3 lavadas son suficientes.

$$3 \text{ lavadas} \times 15 \text{ LTS/lavadas} = 45 \text{ LTS de agua.}$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.045\text{m}^3$$

El costo del volumen de agua es de 6.15 C\$/m³

$$C_{\text{agua}} = 0.045\text{m}^3 \times 6.15\text{C\$/m}^3 = \mathbf{0.28\text{C\$}}$$

8.3. Consumo de metanol

Para que la reacción de transesterificación tenga resultados positivos es necesario agregar un porcentaje de metanol equivalente al 30% de la materia prima. Es decir, que si se desean producir 50lts de biodiesel es necesario agregar 15lts de metanol para llevar a cabo la reacción.

En Nicaragua el valor comercial de metanol es de 132.5 C\$/lt.

$$C_{\text{metanol}} = 15\text{lts} \times 132.5\text{C\$/lt} = \mathbf{1987.5\text{C\$}}$$

8.4. Consumo de hidróxido de sodio (NaOH).

3.5 gr de NaOH se necesita agregar por cada litro de grasa para que se lleve a cabo la reacción y 1.6 gr para neutralizar los ácidos grasos libres. Por lo tanto la cantidad necesaria de NaOH para producir un litro de biodiesel es de 5.1gr.



Para un lote de 50lts de biodiesel se necesitan 255gr de NaOH. El hidróxido de sodio en el país tiene un costo de 439C\$/Kg.

$$C_{\text{NaOH}} = 255\text{gr} \times 1\text{kg}/1000\text{gr} \times 439\text{C\$/kg} = 112\text{C\$}$$

8.5. Consumo de cebo de res

El cebo de res grado industrial tiene un costo comercial de 13.42C\$/lt, teóricamente la relación de conversión de materia prima a biodiesel es del 100%, es decir que para producir 50 litros de biodiesel se necesita igual cantidad de cebo.

$$C_{\text{cebo}} = 50\text{lts} \times 13.42 \text{ C\$/lt} = 671\text{C\$}$$

8.6. Costo de producción del biodiesel

Insumo	Precio (C\$)
Luz	14.64
Agua	0.28
Metanol	1987.5
Hidróxido de sodio	112
Cebo	671
Total	2785.42C\$/batch



Capítulo 9. Costos de construcción de la planta piloto.

El sistema cuenta con dos módulos, el primero el tanque de producción de metoxido, que es donde se prepara el catalizador, y el segundo es el reactor en sí, donde se realiza el proceso de la transesterificación. Este cuenta con un panel eléctrico que controla los motores de agitación y la resistencia del reactor. A continuación se presentan los materiales necesarios para construir los reactores.

Descripción	Cantidad	unidad	Precio x unidad (C\$)	Total (C\$)
Lamina de acero inoxidable 304 de 3/32" - 4x8	1	UND	10,825	10,825
Lamina de acero inoxidable 304 de 3/16"-4X8	1	UND	21,256	21,256
Barra de acero inoxidable 304 de 1"	1	M	1,120	1,120
Barra de acero inoxidable 304L de 1/2"	1	M	308	308
Barra de teflón de 75mm	0.2	M	2,151	2,151
tubo de acero inoxidable CED 40 de 1"	1	M	518	518
Válvula bola acero inox. de 1"	2	UND	726	1,452
Codo roscado acero inox 1" x 90°	1	UND	171	171
Camisa acero inox 304 C40 (025) - 1"	3	UND	94	282
Electrodo arc 3/32" x 12" 308L16	3	lbs	244	732
Angular HN de 1/8 x 2"	2	UND	836	1,672
tubo rectangular 1 x2"	1	UND	243	243
Soldadura E6013 de 1/8"	1	caja	495	495
Sensor de temp. Tipo J, conexión 1/2 NPT	1	UND	1,978	1,978
Controlador de temperatura	1	UND	4,620	4,620
Resistencia	1	UND	4,013	4,013
SELECTOR DE 22MM 2-POSS 0-1 1NA	1	UND	405	405
VARIADOR DE VELOCIDAD	1	UND	6,241	6,241
Motor eléctrico 1/4HP	1	UND	3,163	3,163
Motor eléctrico 3/4HP	1	UND	3,738	3,738
Centro de carga	1	UND	1,052	1,052



Cable de extensión para termocupla tipo J	2	M	94	94
Gabinete metálico SV0 IP40 300X200X150mm	1	UND	2,275	2,275
Arrancador en caja 9A 240 VAC	1	UND	992	992.
Relé Térmico 2.5-4A p/contac.	1	UND	902	902
Breaker 1 x 15 monofásico 220	3	UND	358	358
Cable TGP. 3x12	10	M	582	582
Cable TGP. 3x10	10	M	769	769
			TOTAL	72,407

EL costo de los equipos y materiales necesarios para la construcción de la planta piloto de producir biodiesel es de setenta y dos mil cuatrocientos siete córdobas netos, para estimar el costo total de construcción de la planta utilizaremos un factor asociado a la mano de obra del 30% del costo de materiales y equipos.

El costo total de construcción de la planta piloto de producción de biodiesel es de noventa y cuatro mil ciento veintinueve córdobas netos, equivalentes a cuatro mil ciento ochenta y siete dólares al cambio de la moneda actual.

Capítulo 10. Construcción de los principales componentes.

En este capítulo se detalla la construcción geométrica de los reactores de biodiesel y metoxido

6.1. Construcción del tanque de metoxido.

Para la construcción del cilindro del reactor de metoxido se calcula el perímetro del cilindro (P_1).

$$P_1 = \pi D_{cil}$$

$$D_{cil} = 255\text{mm}$$

$$P_1 = \pi(255\text{mm}) = 801\text{mm}$$

Posteriormente se deberá cortar en la plancha de acero inoxidable un rectángulo cuyas dimensiones son el perímetro por la altura del cilindro (801mm×290mm)

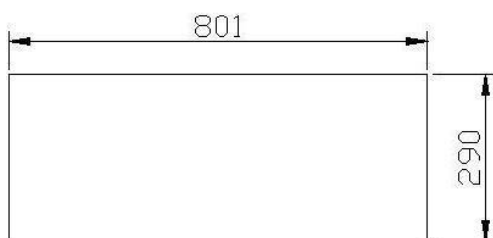


Figura 33. Construcción de la sección cilíndrica del reactor de metoxido.

Para la construcción de la tapa plana se debe cortar una plancha circular de 255mm.

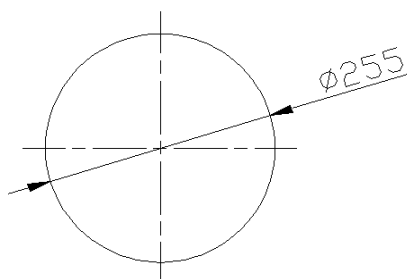


Figura 34. Construcción de la tapa plana del reactor de metoxido.



Para la construcción de la tapa cónica se calcula el diámetro de la placa circular que deberá cortarse para su construcción, en la imagen 1, h_i es la medida que indica el largo del cono, el diámetro de la placa circular que deberá cortarse es igual a $2h_i$.

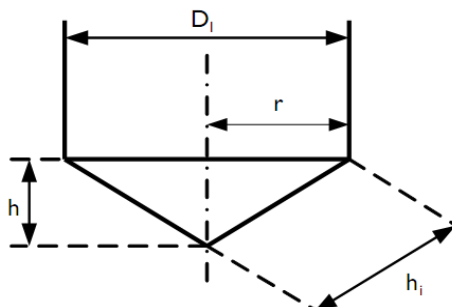


Figura 35. Construcción de la tapa cónica.

- ✓ D_1 es el diámetro del cilindro,
- ✓ r es el radio,
- ✓ h es la altura del cono, y
- ✓ h_i es la medida que indica el largo del cono o la altura inclinada.

Para construir el cono se calcula h_i mediante el teorema de Pitágoras:

$$h_i = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$h = 96\text{mm}$$

$$r = D_{\text{cil}}/2 = 255\text{mm}/2 = 127.5\text{mm}$$

$$h_i = \sqrt{96^2 + 127.5^2}$$

$$h_i = 160\text{mm}$$

Donde h_i va a indicar el radio del círculo que deberá tener la plancha para construir el cono.

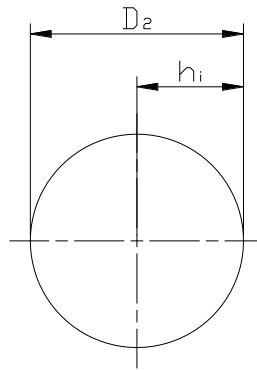


Figura 36. Corte de sección circular para formar el cono del reactor de metoxido.

Una vez preparada la pieza de diámetro D_2 se marca el centro, donde se colocará el niple para la tubería de descarga (punto o). Luego, para formar el cono hay que calcular la sección del círculo que se tiene que eliminar para construirlo. Primero se calcula el perímetro del cono (P_2).

$$P_2 = D_2 \times \pi$$

$$D_2 = 2h_i \times \pi$$

$$P_2 = 2 \times 160\text{mm} \times \pi = 1005\text{mm}$$

Una vez calculado el perímetro, se resta P_2 con P_1 , la diferencia de los perímetros (arco ab) es el sector que debe ser retirado de la placa circular para formar el cono. Por su parte, el ángulo del sector circular se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 360^\circ$$

$$\beta = \text{ángulo del sector que debe ser retirado}$$

$$\beta = \frac{(1005\text{mm} - 801\text{mm})}{1005\text{mm}} \times 360^\circ = 73.07^\circ$$

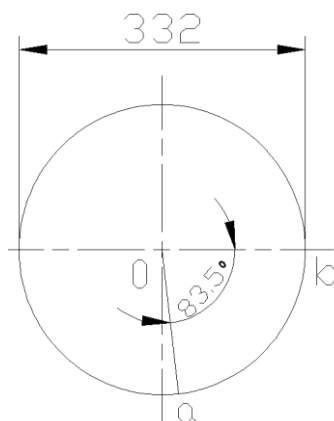


Figura 37. Construcción de la tapa cónica del reactor de metoxido.

6.2. Construcción del reactor de biodiesel.

Para la construcción del reactor de biodiesel se sigue el mismo procedimiento que en el reactor de metoxido, se calcula el perímetro del cilindro (P_1).

$$P_1 = \pi D_{\text{cil}}$$

$$D_{\text{cil}} = 405\text{mm}$$

$$P_1 = \pi(405\text{mm}) = 1272\text{mm}$$

Posteriormente se deberá cortar en la plancha de acero inoxidable un rectángulo cuyas dimensiones son el perímetro por la altura del cilindro (1272mm×550mm)

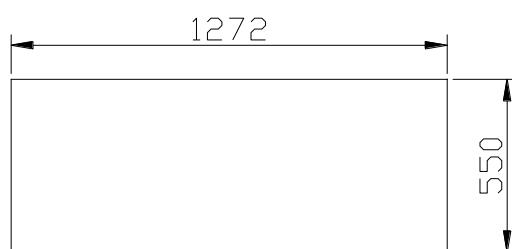


Figura 38. Construcción de la sección cilíndrica del reactor de biodiesel.



Para la construcción de la tapa plata se debe cortar una plancha circular de 405mm.

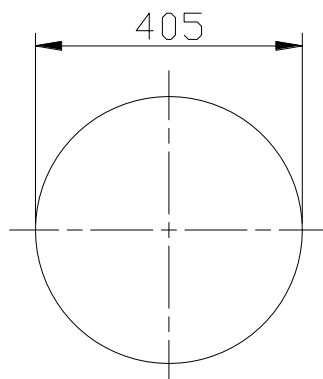


Figura 39. Construcción de la tapa plana del reactor de biodiesel.

Para construir el cono se calcula h_i mediante el teorema de Pitágoras:

$$h_i = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$h = 159\text{mm}$$

$$r = D_{cil}/2 = 405\text{mm}/2 = 202.5\text{mm}$$

$$h_i = \sqrt{159^2 + 202.5^2}$$

$$h_i = 258\text{mm}$$

$$D_2 = 516\text{mm}$$

$$P_2 = \pi \times 516\text{mm} = 1621\text{mm}$$

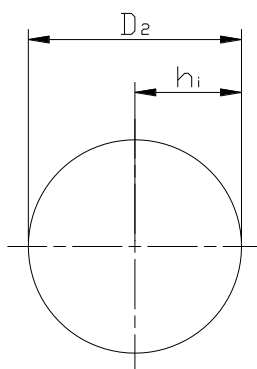


Figura 40. Corte de sección circular para formar el cono del reactor de biodiesel.

Se calcula el ángulo de la sección que debe ser retirada para construir el cono.



$$\beta = \frac{(1621\text{mm}-1272\text{mm})}{1621\text{mm}} \times 360^\circ = 77.5^\circ$$

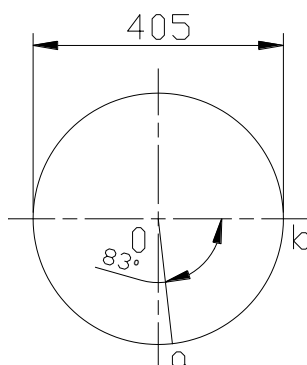


Figura 41. Construcción de la tapa cónica del reactor de biodiesel.

6.3. Tabla resumen de materiales de construcción.

Equipo	Descripción	cantidad	Tamaño	Material
Reactor de biodiesel	Cuerpo del reactor	1	405×709	Acero inoxidable 304
	Tapón de llenado	1	60×72	Teflón
	Agitador de palas inclinadas.	1	137×44	Acero inoxidable 304
	Acople del eje del motor	1	23×60	Acero inoxidable 304
	Eje del reactor	1	12.7×449	Acero inoxidable 304
	Unión roscada del tapón de llenado	1	65×6	Acero inoxidable 304
	Deflectores	4	40.5×513	Acero inoxidable 304
	Sujetadores de deflectores	8	12.4×48.6	Acero inoxidable 304
	Soporte del motor eléctrico	1	151×200	Acero inoxidable 304
	Motor eléctrico de 3/4HP	1	143×242	
	Cuerpo del reactor	1	255×386	Acero inoxidable 304



Reactor de metoxido	Tapón de llenado	1	60 x 50	Teflón
	Agitador de palas inclinadas.	1	86×35	Acero inoxidable 304
	Acople del eje del motor	1	23×60	Acero inoxidable 304
	Eje del reactor	1	12.7×216	Acero inoxidable 304
	Unión roscada del tapón de llenado	1	50×6	Acero inoxidable 304
	Deflectores	4	25.5×253	Acero inoxidable 304
	Sujetadores de deflectores	8	12.4×30.6	Acero inoxidable 304
	Soporte del motor eléctrico	1	151×176	Acero inoxidable 304
	Motor eléctrico de 1/4HP	1		
estructura	Estructura de angulares de 2×2×1/8"		970×2187	Acero A-36
Sistema de tuberías	Tubo de 1" de D_{int}			Acero inoxidable 304
	Válvula de cierre rápido de 1" de D_{int}	2		Acero inoxidable 304
	Codo de 90° de 1" de D_{int}	1		Acero inoxidable 304



Conclusiones.

- ✚ Para el diseño de la planta de producción de biodiesel se selecciono la transesterificación catalizada por base como la más favorable para la producción del biocombustible por que tiene altos grados de conversión (98%), con mínimas reacciones secundarias.
- ✚ Se selecciono el proceso por lotes por ser el más simple para la producción de biodiesel permitiendo una gran flexibilidad para realizar ajustes cuando se presentan variaciones en la materia prima.
- ✚ Los insumos seleccionados son el sebo de res, hidróxido de sodio y metanol por presentar ventajas económicas en comparación otros insumos.
- ✚ Para la construcción de la planta piloto de producción de biodiesel se seleccionaron materiales compatibles con el proceso y de fácil adquisición en el mercado nacional.
- ✚ La planta de producción de biodiesel estará compuesta básicamente por un reactor secundario donde se llevara a cabo la reacción de metoxido y uno principal en donde se efectúe la reacción de biodiesel y posteriormente las fases de separación y lavado del combustible.
- ✚ Para el diseño del sistema eléctrico fueron seleccionados todos los equipos de seguridad necesarios para la protección de los motores y la resistencia eléctrica, que además son típicamente comercializados en el país.
- ✚ El control de la temperatura se realizará por medio de un controlador de temperatura tipo on-off por ser el sistema más económico en el mercado local.



- ✚ El costo de producir un litro de biodiesel es de 55.71C\$, cabe destacar que los costos fueron obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio y utilizando insumos grado reactivo.
- ✚ El costo de construcción de la planta piloto de producción de biodiesel es de cuatro mil ciento ochenta y siete dólares al cambio de la moneda actual.



Recomendaciones.

- ✚ Se recomienda retomar el capítulo 10 “diseño de los principales componentes” si se desconoce el proceso de elaboración de la tapa cónica.
- ✚ Para la compra del termocupla tipo J debe tener una certificación ATEX, esta norma garantiza la salud y seguridad de los empleados siendo a prueba de explosiones.
- ✚ Se recomienda construir la planta con materiales compatibles con el proceso de producción de biodiesel, en caso que se desee sustituir alguno de los materiales seleccionados por uno de menor costo.
- ✚ Para un rango mayor de velocidades de agitación se recomienda comprar un variador de frecuencia, en el anexo 29 se detalla su descripción y principales aplicaciones así como una cotización del mismo.
- ✚ Si se desea disminuir costos de producción se recomienda utilizar insumos grado comercial pero tenga en cuenta que la calidad del biodiesel obtenido también será afectada.
- ✚ Tenga en cuenta todas las normas de seguridad necesarias para la manipulación y almacenamiento del metanol ya que es toxico y altamente inflamable.



Bibliografía.

1. Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas: II Biodiesel / IICA, Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles-San José, C.R.: IICA, 2010.
2. Biocarburantes líquidos: Biodiesel y Bioetanol / Juan Manuel García Camús, José Ángel García Laborda.
3. Producción y Uso de Aceites Vegetales y Biodiesel en Ecuador / Alfredo Barriga R, PhD, ESPOL / abarriga@espol.edu.ec
4. Planta Elaboración De Biodiesel GTEC / Buenos Aires, Argentina, E-Mail : gtec@ciudad.com.ar
5. Análisis del estado actual de las tecnologías de producción de biodiesel / Lilian V. Aguilar M, Linda H. Vásquez V, Octubre 2007.
6. Evaluación experimental de la producción de biodiesel por destilación reactiva” Annie Alexandra Cerón Sánchez Ing. Química.
7. Opciones para la producción y uso de biodiesel en el Perú, / José Calle, Javier Coello, Paula Castro
8. Manual de construcción y uso de Reactor para producción de biodiesel a pequeña escala, / Fernando Acosta, Paula Castro, Elsa Cortijo – Lima.
9. Diseño y calculo de recipientes a presión / Ing. Juan León Estrada.
10. Catalog 1050 ELECTRICS MOTORS, GEARMOTORS AND DRIVES.
11. Resistencia de Materiales Aplicada tercera edición / Robert L. Mott.
12. Guía Metodológica para el Proyecto de Curso de Equipos de Transferencia de Calor / Víctor Mironov, Cesar Cisneros Ramírez, 1986.
13. Aplicaciones de fenómenos de transporte, estudio teórico experimental de la agitación/ Sonia Ansó, Elena Barge y Stefanie Demming.



webgrafía

14. Julian Rodríguez Montes, Lucas Castro Martínez, Juan Carlos del Real Romero, Procesos Industriales para Materiales no Metálicos, consultado el 1 de Julio del 2010, en http://books.google.com.ni/books?id=pwuUka4r6CIC&pg=PA115&dq=tipos+de+uniones+en+soldadura&hl=es&ei=jztDTbeLOcT6lwf-xbkC&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCwQ6AEwAQ#
15. Joseph W. Giachino / William Weeks, 1981, Técnica y Práctica de la soldadura, consultado el 28 de Julio del 2010, en http://books.google.com.ni/books?id=JE2RK4QupuoC&pg=PA149&dq=electrodos+para+soldar+acero+inoxidable&hl=es&ei=QNhBTfDNJMWqIAeKoPE9&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=electrodos%20para%20soldar%20acero%20inoxidable&f=false
16. Juan Carlos Martín Castillo, Instalaciones eléctricas de baja tensión, consultado el 28 de Julio del 2010, en http://books.google.com.ni/books?id=rNSDOvavFmMC&pg=PA217&dq=pulsadores&hl=es&ei=aAE6TcPWl8aAIAeD-fjoBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q=pulsadores&f=false
17. Heriberto Maury Ramírez, Enrique Esteban Niebles Nuñez, Jaime Torres Salcedo, 2009, Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados, consultado el 2 de Agosto de 2010, en http://books.google.com.ni/books?id=S_LOockWw04C&pg=PA210&dq=simbologia+de+la+soldadura&hl=es&ei=8ngwTdakIsWblqfE0sW1Cg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCQ6AEwAQ#v=onepage&q=false
18. Joseph W. Giachino / William Weeks, 1981, Técnica y práctica de la soldadura, consultado el 5 de agosto de 2010, en http://books.google.com.ni/books?id=JE2RK4QupuoC&pg=PA83&dq=pasos+para+seleccionar+el+electrodo&hl=es&ei=u_xATeiCK8XEgQfA-qySAw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCUQ6AEwAA#v=onepage&q=false
19. Natalia Urrego, 2010, Generalidades de soldadura y diseño de juntas, consultado el 5 de Agosto de 2010, en <http://www.slideshare.net/nurrego/generalidades-de-soldadura-y-diseño-de-juntas>



Glosario.

Ácidos grasos, Los constituyentes fundamentales de los lípidos son los ésteres y/o amida de los ácidos grasos; por consiguiente se pueden considerar a estos ácidos como los principales componentes de las grasas.

Ésteres, Compuestos formados por la combinación de ácidos y alcoholes.

Lípidos, se llaman lípidos a las sustancias que se extraen con éter y disolventes no polares de cualquier tejido animal o vegetal. Los lípidos constituyen la principal reserva de las semillas oleaginosas y del tejido adiposo de los animales.

Polipropileno, es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, pertenece al grupo de las poliolefinas y utilizados en una amplia variedad de aplicaciones. Este polímero se obtiene de la polimerización del propileno que es su monómero y tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra alcalis y ácidos.

Polietileno, Polímero formado por la unión de moléculas de etileno; uno de los plásticos más importantes.

Agente surfactante, Los agentes activos superficiales o surfactantes son moléculas que contiene un segmento liposoluble (soluble en aceite) y otro hidrosoluble (soluble en agua). La solubilidad parcial tanto en agua como en aceite permite al surfactante ocupar la interfase.

Coloide, es una sustancia cuyas partículas pueden encontrarse en suspensión en un líquido, merced al equilibrio coloidal ; dichas partículas no pueden atravesar la membrana semi-permeable de un osmómetro.

La definición clásica de coloide, también llamada dispersión coloidal, se basa en el tamaño de las partículas que lo forman, llamadas micelas. Poseen un tamaño bastante tamaño bastante pequeño, tanto que no pueden verse con los mejores microscopios ópticos, aunque son mayores que las moléculas ordinarias. Las partículas que forman los sistemas coloidales tienen un tamaño comprendido entre 50 y 2.000 Å.



Olefinas, Las olefinas son hidrocarburos con dobles enlaces carbono – carbono. El termino olefinas es de olefiant gas, que significa, gas formador de aceite. Estos se encuentran en los procesos industriales más importantes. Existen muchos tipos de olefinas pero las más importantes son el Etileno y el Propileno. El etileno o eteno ($H_2C=CH_2$) es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. Es uno de los productos químicos más importantes de la industria química. Se halla de forma natural en las plantas.

Parafinas, es el nombre común de un grupo de hidrocarburos alcanos de fórmula general C_nH_{2n+2} , donde n es el número de átomos de carbono. La molécula simple de la parafina proviene del metano, CH_4 , un gas a temperatura ambiente; en cambio, los miembros más pesados de la serie, como el octano C_8H_{18} , se presentan como líquidos. Las formas sólidas de parafina, llamadas cera de parafina, provienen de las moléculas más pesadas C_{20} a C_{40} .

Acido graso insaturados, tienen uno o varios enlaces dobles . Son ejemplos el oléico (18 átomos de C y un doble enlace) y el linoléico (18 átomos de C y dos dobles enlaces) suelen ser LÍQUIDOS a temperatura ambiente.

Acido grado saturados, sólo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Son ejemplos de este tipo de ácidos el palmítico (16 átomos de C) y el esteárico (18 átomos de C) suelen ser SÓLIDOS a temperatura ambiente.

Hidrosulfúrico, Uno de los ácidos del azufre, combinación de éste con O e H. Reductor enérgico.

ácido oleico, es un ácido graso monoinsaturado de la serie omega 9 típico de los aceites vegetales como el aceite de oliva, del aguacate, etc. Ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares

Anhidros, como término general, se dice que una sustancia es **anhidra** si no contiene agua. La manera de obtener la forma anhidra difiere de una sustancia a otra.



Saponificación, es una reacción química entre un ácido graso (o un lípido saponificable, portador de residuos de ácidos grasos) y una base o alcalino, en la que se obtiene como principal producto la sal de dicho ácido y de dicha base. Estos compuestos tienen la particularidad de ser anfipáticos, es decir tienen una parte polar y otra apolar (o no polar), con lo cual pueden interactuar con sustancias de propiedades dispares. Por ejemplo, los jabones son sales de ácidos grasos y metales alcalinos que se obtienen mediante este proceso.

El método de saponificación en el aspecto industrial consiste en hervir la grasa en grandes calderas, añadiendo lentamente sosa cáustica (NaOH), agitándose continuamente la mezcla hasta que comienza esta a ponerse pastosa.

La reacción que tiene lugar es la saponificación y los productos son el jabón y la glicerina:

Grasa + sosa cáustica \rightarrow jabón + glicerina

Ésteres, en la química, los **ésteres** son compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico (simbolizado por R' en este artículo) reemplaza a un átomo de hidrógeno (o más de uno) en un ácido oxigenado. Un oxoácido es un ácido inorgánico cuyas moléculas poseen un grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) desde el cual el hidrógeno (H) puede disociarse como un ión hidrógeno, hidrón o comúnmente protón, (H^+). Etimológicamente, la palabra "éster" proviene del alemán **Essig-Äther** (*éter de vinagre*), como se llamaba antiguamente al acetato de etilo.

En los ésteres más comunes el ácido en cuestión es un ácido carboxílico. Por ejemplo, si el ácido es el ácido acético, el éster es denominado como acetato. Los ésteres también se pueden formar con ácidos inorgánicos, como el ácido carbónico (origina ésteres carbónicos), el ácido fosfórico (ésteres fosfóricos) o el ácido sulfúrico. Por ejemplo, el sulfato de dimetilo es un éster, a veces llamado "éster dimetílico del ácido sulfúrico".



Alcalinidad, es la capacidad acidoneutralizante de una sustancia química en solución acuosa. Esta alcalinidad de una sustancia se expresa en equivalentes de base por litro o en su equivalente de carbonato cálcico.

Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones.

La alcalinidad es la medida de la capacidad tampón de una disolución acuosa, o lo que es lo mismo, la capacidad de ésta para mantener su pH estable frente a la adición de un ácido o una base.

Exotérmicas, se denomina reacción exotérmica a cualquier reacción química que desprende energía, es decir con una variación negativa de entalpía.

Se da principalmente en las reacciones de oxidación. Cuando ésta es intensa puede dar lugar al fuego. Cuando reaccionan entre sí dos átomos de hidrógeno para formar una molécula, el proceso es exotérmico.



Son cambios exotérmicos el paso de gas a líquido (condensación) y de líquido a sólido (solidificación).

La reacción contraria se denomina endotérmica.

Un ejemplo de reacción exotérmica es la combustión.

Otro ejemplo de una reacción exotérmica podría ser, al unir hidróxido de sodio junto con azul de metileno y ácido acético igualmente ligado con azul de metileno. En esta reacción se podrá observar como al ir uniendo poco a poco la dos disoluciones irá creándose una especie de humo y poco a poco el vaso de precipitados se va poniendo algo caliente.

Semillas oleaginosas, Las **plantas oleaginosas** son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, en algunos casos comestible y en



otros casos de uso industrial. Las oleaginosas más sembradas son la soja, la palma elaeis, el maní, el girasol, el maíz y el lino. Cada planta, a su vez, puede tener otros usos económicos, como el lino, del que pueden extraerse fibras textiles, harinas y semillas alimenticias, o el maíz, la soja y el maní, cuyos frutos o semillas también pueden ser comidos, o el nogal, del que puede extraerse también madera.

Vegetales celulósicos, La celulosa es el compuesto orgánico más abundante en la tierra, está formado por monómeros de glucosa unidos de manera lineal. Miles de moléculas de glucosa dispuesta de manera lineal se disponen paralelas entre sí y se unen por puentes hidrógeno formando microfibrillas, de 10 a 25 nm de espesor.

Presión manométrica, Se llama **presión manométrica** a la diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Se aplica tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica.

Vórtices, Se define formalmente como el rotacional del campo de velocidades y se puede interpretar como una medida de un giro local de un elemento de volumen.

Tensiones residuales, es cualquier esfuerzo en un cuerpo elástico que se encuentre libre de fuerzas o restricciones externas y de cambios o gradientes de temperaturas.

Racord, Pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos.

Embutición, Se denomina embutición al proceso de conformado en frío de los metales, por el que se transforma un disco o piezas recortada, según el material, en piezas huecas, e incluso partiendo de piezas previamente embutidas, estirarlas a una sección menor con mayor altura.

Recocido, Consiste en calentamiento a temperaturas adecuadas, seguido generalmente de enfriamiento lento.



Rolado, consiste en pasar a un material por unos rodillos con una forma determinada, para que al aplicar presión el material metálico adquiera la forma que se necesita.



ANEXOS

Tabla 1. Eficiencia de soldadura.


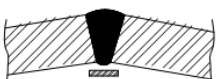
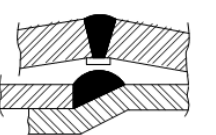

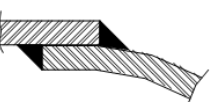
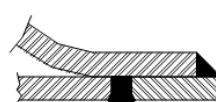
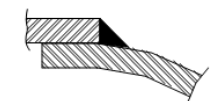
 INGLESA	EFICIENCIA DE SOLDADURAS VALORES DE "E"	NORMAS		
		FIGURA No. 1		
TIPOS DE UNIONES NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
		AL 100 %	POR PUNTOS	SIN
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APOORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA. SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45



Tabla 2. Propiedades típicas del combustible diesel y el sebo.

Propiedades	Combustible Diesel	Sebo
Valor calorífico, MJ/kg	43	39
Densidad, g/cm ³	0,83	0,92
Viscosidad a 40°C, cSt	2,1	48,9
Punto de inflamación, °C	61	222
Punto de congelación, °C	-30	27
Composición % en masa	C = 86; H = 14	C = 77; H = 12; O = 11

Tabla 3. Valores del factor A

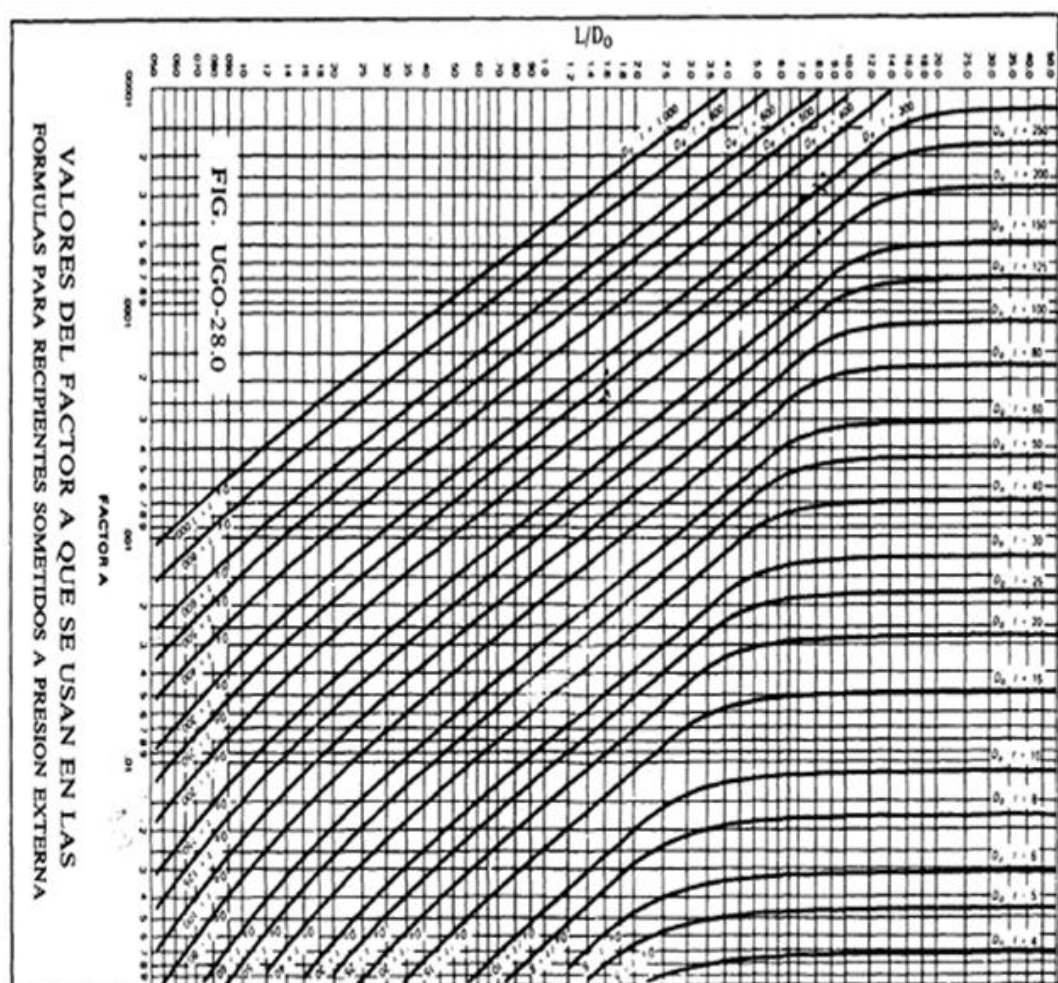




Tabla 4. Valor del factor B

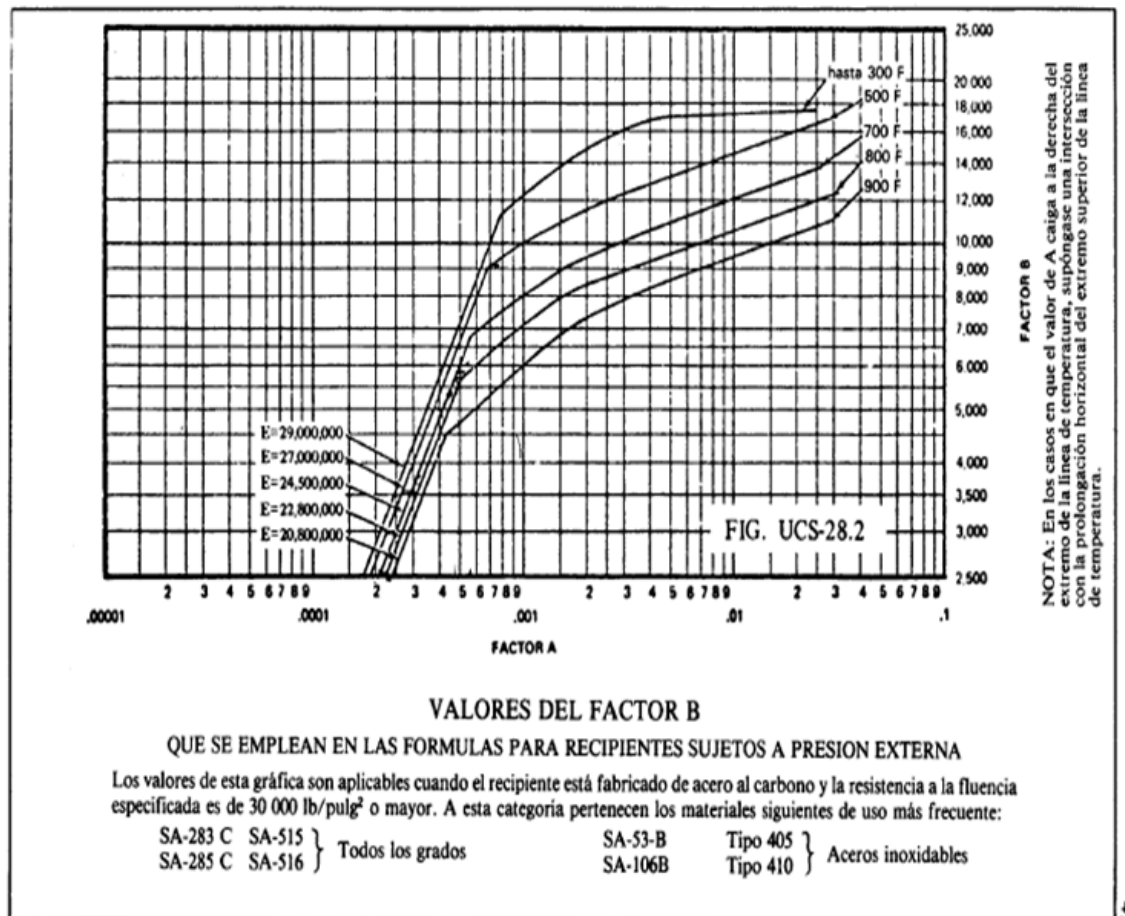


Tabla 5. Dimensiones estándares según la norma DIN28131


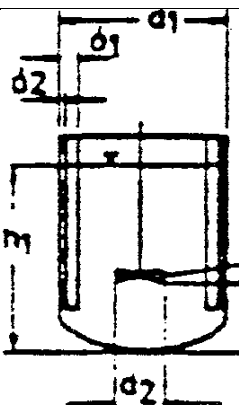

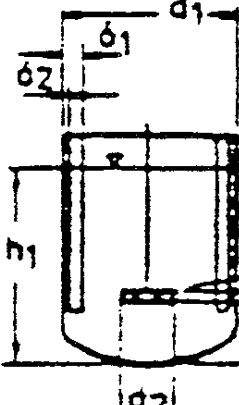

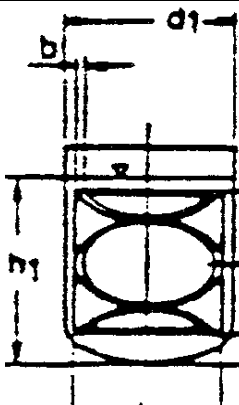

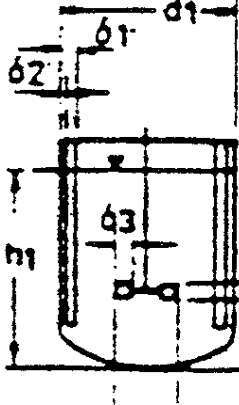
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	GEOMETRIA
Agitador de hélice		 $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $\alpha = 25^\circ$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$
Agitador con palas planas inclinadas		 $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.337$ $h_2 / d_1 = 0.17 \div 0.34$ $h_3 / d_2 = 0.177$ $\alpha = 45^\circ$ 6 Blätter $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$
Agitador helicoidal		 $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.98$ $b / d_2 = 0.1$ $h_3 / d_2 = 1.0$ $s / d_2 = 0.5$ $h_2 / d_1 = 0.01$
Agitador de palas planas		 $h_1 / d_1 = 1.0$ $d_2 / d_1 = 0.33$ $h_2 / d_1 = 0.33$ $h_3 / d_2 = 0.2$ $\delta_3 / d_2 = 0.25$ $\delta_1 / d_1 = 0.1$ $\delta_2 / d_1 = 0.02$

Tabla 6. Dimensión de la propela.

BOLA Maxi-Propeller-Rührwellen

Material:
PTFE
Temperaturbeständigkeit:
-200 °C bis +250 °C
Chem. Beständigkeit:
+++ universell
Rührwirkung:
von unten nach oben


Produktbeschreibung:
 PTFE überzogene Edelstahlwelle, Propeller komplett aus PTFE mit drei um 45° geneigten Flügeln. Universelle chemische Beständigkeit, da das Medium nur mit PTFE in Berührung kommt.

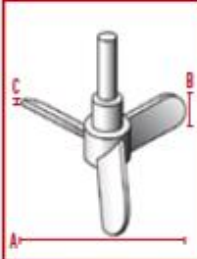

FDA konform


Länge mm	Ø Welle mm	Spann Ø mm	Flügelmaße laut Abbildung			Artikel-Nr.:
			A	B	C	
450	10	8	140	20	4	C 392-28
600	10	8	140	20	4	C 392-34
800	10	8	140	20	4	C 392-40
1.200	10	8	140	20	4	C 392-42
800	16	14	140	26	6	C 392-44
1.000	16	14	140	26	6	C 392-46
600	16	14	200	26	6	C 392-52
800	16	14	200	26	6	C 392-58
1.000	16	14	200	26	6	C 392-64
1.200	16	14	200	26	6	C 392-70
1.600	16	14	200	26	6	C 392-74
1.200	16	14	280	26	8	C 392-80
1.600	16	14	280	26	8	C 392-84
1.200	16	14	400	26	8	C 392-90
1.600	16	14	400	26	8	C 392-94

Anwendungen:
 Ansaugung des Mischguts von unten nach oben, sehr gute axiale Strömung, örtlich geringe Scherkräfte.

BESTSELLER





17

RÜHREN UND MISCHEN



Tabla 7. Característica de potencia frente al número de Reynolds

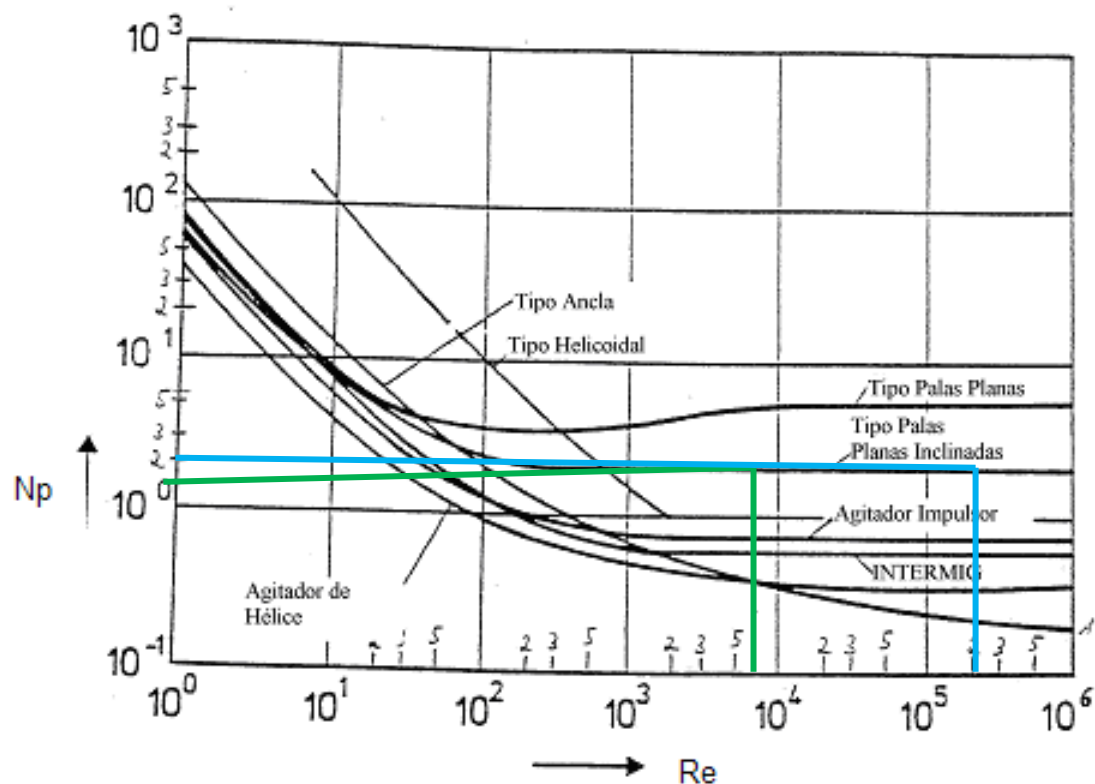





Tabla 8. Motor de 3/4HP.



ELECTRIC MOTORS, GEARMOTORS AND DRIVES

Site Search

[Home](#) [News](#) [Products](#) [Product Quick Search](#) [Technical Information](#) [Custom Solutions](#) [Literature](#) [Where to Buy](#) [Service & Warranty](#) [Contact Us](#)

[Home](#) [News](#) [Products](#) [Product Quick Search](#) [Technical Information](#) [Custom Solutions](#) [Literature](#) [Where to Buy](#) [Service & Warranty](#) [Contact Us](#)

Product Features

List Price : \$ 569

[Contact Sales Office](#)

Catalog No 100005.00

Model M4C17DH6H

Product type AC MOTOR

Stock Stock

Description 3/4HP.,1725RPM,56.DP,115/208-230V,1PH,60HZ,CONT.MANUAL,40C,1.25SF,RIGID,GENERAL PURPOSE,M4C17DH6H

Information shown is for current motor's design

[View Outline](#) | [View Connection](#)

Engineering Data

Volts 115	Volts 208-230	Volts
F.L. Amps 10.8	F.L. Amps 5.3-5.4	F.L. Amps
S. F Amps 12.4	S. F Amps 6.1-6.2	S. F Amps

RPM 1800	Hertz 60	
HP 3/4	Duty CONTINUOUS	TYPE CD
KW 0.56		
Frame S56	Serv. Factor 1.25	Phase 1
Max Amb 40	Design N	Code K
Insul Class B	Protection MANUAL	Therm.Prot. CEJ53CA
Eff 100% 70	Eff 75%	PF 64
UL Y-(LEESON UL REC)	CSA Yes	Bearing OPE 6203
CC Number	CE	Bearing PE 6203
Load Type	Inverter Type NONE	Speed Range NONE

Motor Wt. 28 LB	Enclosure DP	Lubrication STANDARD
Nameplate A-92005-6	Mounting RIGID	Rotation SELECTIVE CCW
Assembly LO100005	Shaft Dia. 5/8 IN	Ext. Diag. 005003-52
Cust Part No	Outline 031640-700	Ext. Diag2
Packaging B	Outline Dash No	Winding CE484207
Carton Label Leeson Gen Purpose		GROUP: 3
Iris	Paint LEESON BLUE	Test Card

Form Factor	RMS Amps	Const Torque Speed Range
Torque	Peak	
AB Code	Peak@DegC	
Resistance		
Connection		

Rework Status	Rework TYPE	
---------------	-------------	--



Hazardous Loc	NONE			Temp Op Code		Brake Motors			
Explosion Proof				GROUP:		FORCE			
Class				GROUP:		VDC			
Class						ADC			
						Brake Coil OHms @25 C			
Performance									
Torque UOM	OZ-FT	Inertia (WK ²)		-1 LB-FT^2					
Torque		83.6(Break Down)		82.4(Pull Up)				114(Locked Rotor)	
CURRENT (amps)		0(Break Down)		0(Pull Up)				27.3(Locked Rotor)	
Efficiency (%)		67.3(75% Load)		61.3(50% Load)				47.2(25% Load)	
PowerFactor		56.4(75% Load)		45.3(50% Load)				31.8(25% Load)	
Load Curve Data @60 Hz, 230 Volts, 3/4 Horsepower									
Load	Amps	KW	RPM	Torque	EFF	PF	Rise By Resis	Frame Rise	
0.0	4.15	0.158	1797	0.0	0.0	16.5	0.0	-	
0.25	4.16	0.304	1785	9.0	47.2	31.8	0.0	-	
0.5	4.42	0.462	1773	18.0	61.3	45.3	0.0	-	
0.75	4.84	0.628	1760	27.0	67.3	56.4	0.0	-	
1.0	5.43	0.81	1745	36.0	68.8	64.7	62.2	-	
1.25	6.17	1.03	1727	45.0	67.1	72.4	0.0	-	
1.5	7.1	1.218	1705	54.0	67.1	74.5	0.0	-	
SOURCE: CALCULATED GROUP: 3									

Tabla 9. Factor de diseño y esfuerzos cortantes de diseño para metales dúctiles.

Tipo de carga	Factor de diseño	Diseño por esfuerzo cortante $\tau_d = s_y / 2N$
Torsión estática	2	$\tau_d = s_y / 4$
Torsión cíclica	4	$\tau_d = s_y / 8$
Impacto o choque torsional	6	$\tau_d = s_y / 12$

Tabla 10. Selección de chaveta.

DIN 6881, 6883,
6886 6887

Chavetas y Chaveteros.

Forma A Chaveta engastada

(DIN 6886)

Forma B Chaveta de cuña o de fuerza

Chaveta de
cabeza o de talón
(DIN 6887)

Chaveta de media caña

(DIN 6881)

Chaveta plana

(DIN 6883)

Diámetro Nominal del Eje desde—hasta	engastada, de cuña y de cabeza				de media caña			plana			
	b	h	t ₁	t ₂	b	h	t ₂	b	h	t ₁	t ₂
6—8	2	2	1,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-
8—10	3	3	1,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-
10—12	4	4	2,5	1,2	-	-	-	-	-	-	-
12—17	5	5	3	1,7	-	-	-	-	-	-	-
17—22	6	6	3,5	2,2	-	-	-	-	-	-	-
22—30	8	7	4	2,4	8	3,5	3,2	8	5	1,3	3,2
30—38	10	8	5	2,4	10	4	3,7	10	6	1,8	3,7
38—44	12	8	5	2,4	12	4	3,7	12	6	1,8	3,7
44—50	14	9	5,5	2,9	14	4,5	4	14	6	1,8	4
50—58	16	10	6	3,4	16	5	4,5	16	7	1,9	4,5
58—65	18	11	7	3,4	18	5	4,5	18	7	1,9	4,5
65—75	20	12	7,5	3,9	20	6	5,5	20	8	1,9	5,5
75—85	22	14	9	4,4	22	7	6,5	22	9	1,8	6,5
85—95	25	14	9	4,4	25	7	6,4	25	9	1,9	6,4
95—110	-	-	-	-	28	7,5	6,9	28	10	2,4	6,9
110—130	-	-	-	-	32	8,5	7,9	32	11	2,3	7,9
130—150	-	-	-	-	36	9	8,4	36	12	2,8	8,4
150—170	-	-	-	-	-	-	-	40	14	4	9,1
170—200	-	-	-	-	-	-	-	45	16	4,7	10,4

Longitudes normalizadas l: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320

Ejemplo de designación de una chaveta de ancho b = 14 mm, altura h = 9 mm y longitud l = 110 mm.

Chaveta DIN 6886 – B14 x 9 x 110;

Chaveta de cabeza DIN 6887 14 x 9 x 110

Chaveta media caña DIN 6881 20 x 6 x 56

(b = 20 mm, h = 6 mm y l = 56 mm).

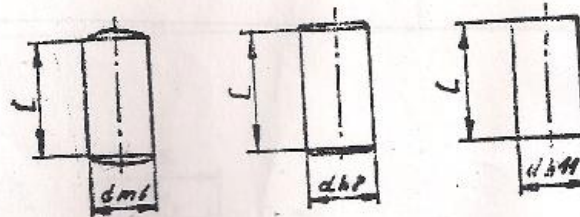
Chaveta plana DIN 6883 32 x 11 x 125

(b = 32 mm, h = 11 mm y l = 125 mm).

Tabla 11. Selección del pasador

DIN 7, 6325	Pasadores cilindricos	
-------------	-----------------------	--

Pasadores cilindricos según DIN 7



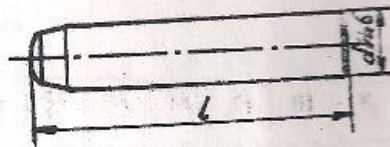
d	1	1.2	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25
l de...	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7	10	10	14	16	20	25
hasta	12	14	16	20	24	32	40	50	60	80	100	120	160	180	200	250

Material: 9 S 20 K, St 50 K

Ejemplo con Diametro $d=6\text{mm}$, Campo de Tolerancia h8 y longitud $l=24$, Material St 50 K

Pasador cilindrico DIN 7 – 6h8x24 – St 50 K

Pasadores cilindricos templados según DIN 6325



d	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
l de...	4	4	6	6	8	10	12	14	18	24	28	36	40	50
hasta	10	16	20	24	32	40	50	60	80	100	100	120	120	120

Material: Acero con $R_m \geq 600 \text{ N/mm}^2$

Ejemplo con pasador cilindrico templado, diametro $d=10\text{mm}$, campo de Tolerancia m6 y longitud $l=40\text{mm}$

Pasador cilindrico DIN 6325 – 10m6x40



Tabla 12. Estimaciones para la resistencia última a cortante.

Fórmula	Material
$s_{us} = 0.65 s_u$	Aleaciones de aluminio
$s_{us} = 0.82 s_u$	Acero
$s_{us} = 0.90 s_u$	Hierro maleable y aleaciones de cobre
$s_{us} = 1.30 s_u$	Hierro colado gris



Anexo 13. Propiedades Físicas y Termodinámicas del Metanol

HOJA DE SEGURIDAD IX METANOL

FORMULA: CH₄O, CH₃OH

PESO MOLECULAR: 32.04 g/mol

COMPOSICION: C: 37.48 %, H: 12.58 % y O: 49.93 %

GENERALIDADES:

Es un líquido incoloro, venenoso, con olor a etanol y cuando está puro puede tener un olor repulsivo. Arde con flama no luminosa. Es utilizado industrialmente como disolvente y como materia prima en la obtención de formaldehído, metil-ter-butil éter, ésteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos. También es utilizado como anticongelante en radiadores automovilísticos; en gasolinas y diesel; en la extracción de aceites de animales y vegetales y agua de combustibles de automóviles y aviones; en la desnaturalización de etanol; como agente suavizante de plásticos de piroxilina y otros polímeros y como disolvente en la síntesis de fármacos, pinturas y plásticos.

Durante mucho tiempo se obtuvo por destilación destructiva de madera a altas temperaturas, en la actualidad se produce por hidrogenación catalítica de monóxido de carbono a presiones y temperaturas altas, con catalizadores de cobre-óxido de cinc; por oxidación de hidrocarburos y como subproducto en la síntesis de Fischer-Tropsch.

NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 67-56-1

UN: 1230

NIOSH: PC 1400000

RCRA: U154

NOAA: 3874

STCC: 4909230

RTECS: PC1400000

NFPA: Salud: 1 Reactividad: 0 Fuego:3

HAZCHEM CODE:2 PE

El producto está incluido en: CERCLA, 313

MARCAJE: Líquido inflamable, venenoso.

SINONIMOS:

ALCOHOL METILICO
HIDRATO DE METILO
HIDROXIDO DE METILO
METILOL
CARBINOL
ALCOHOL DE MADERA

En inglés:

METHANOL
METHYL ALCOHOL
WOOD SPIRIT
BIELESKI'S SOLUTION
COLONIAL SPIRIT
COLUMBIAN SPIRIT
PYROXYLIC SPIRIT
WOOD NAPHTHA

Otros idiomas:

ALCOOL METHYLIQUE (FRANCES)
METHYLALKOHOL (ALEMAN)
METYLOWY ALKOHOL (POLACO)
METANOLO (ITALIANO)
ALCOOL METILICO (ITALIANO)

PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:

Densidad (g/ml): 0.81 g/ml (0/4 °C), 0.7960 (15/4 °C), 0.7915 (20/4 °C), 0.7866 (25/4 °C)

Punto de fusión: -97.8 °C

Punto de ebullición (°C): 64.7 (760 mm de Hg), 34.8 (400 mm de Hg), 34.8 (200 mm de Hg), 21.2 (100 mm de Hg), 12.2 (60 mm de Hg), 5 (40 mm de Hg), -6 (20 mm de Hg), -16.2 (10 mm de Hg), -25.3 (5 mm de Hg), -44 (1 mm de Hg)

Índice de refracción a 20 °C: 1.3292

Densidad de vapor (aire = 1): 1.11

Punto de inflamación en copa cerrada (Flash point): 12 °C

Punto de congelación: -97.68 °C.

Temperatura de ignición: 470 °C

Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 6-36.5

Temperatura crítica: 240 °C

Presión crítica: 78.5 atm

Volumen crítico: 118 ml/mol

Calor de formación (kJ/mol): -239.03 (líquido a 25 °C).

Energía libre de formación (kJ/mol): -166.81 (líquido a 25 °C).

Calor de fusión (J/g): 103

Calor de vaporización en el punto de ebullición (J/g): 1129

Calor de combustión (J/g): 22 662 (a 25 °C)

Temperatura de autoignición: 380 °C

Tensión superficial (din/cm): 22.6



Calor específico (J/g K): 1.37 (vapor a 25 °C) y 2.533 (líquido a 25 °C)

Presión de vapor (mm de Hg): 127.2 (a 25 °C)

Viscosidad (cP): 0.541 (líquido a 25 °C)

Momento dipolar: 1.69


Constante dieléctrica: 32.7 (a 25 °C)

Conductividad térmica (W/m K): 0.202 (a 25 °C)

Forma azeótropos con muchos compuestos



Tabla 14. Motor de 1/4HP.

**LEESON**

ELECTRIC MOTORS, GEARMOTORS AND DRIVES

Site Search

[Home](#) [News](#) [Products](#) [Product Quick Search](#) [Technical Information](#) [Custom Solutions](#) [Literature](#) [Where to Buy](#) [Service & Warranty](#) [Contact Us](#)

[Home](#) [News](#) [Products](#) [Product Quick Search](#) [Technical Information](#) [Custom Solutions](#) [Literature](#) [Where to Buy](#) [Service & Warranty](#) [Contact Us](#)

Product Features

List Price : \$ 299

Contact Sales Office

Catalog No 100115.00

Model A4C17DB1H

Product type AC MOTOR

Stock Stock

Description 1/4HP..1725RPM,48,DP,115/208-230V,1PH,60HZ,CONT,AUTOMATIC,40C,1.35SF,RIGID,GENERAL PURPOSE,A4C17DB1H

Information shown is for current motor's design

[View Outline](#) | [View Connection](#)

Engineering Data

Volts 115	Volts 208-230	Volts
F.L. Amps 5.4	F.L. Amps 2.6-2.7	F.L. Amps
S. F Amps 5.8	S. F Amps 2.8-2.9	S. F Amps

RPM 1800	Hertz 60	
HP 1/4	Duty CONTINUOUS	TYPE CD
KW 0.19		
Frame 48	Serv. Factor 1.35	Phase 1
Max Amb 40	Design N	Code M
Insul Class B	Protection AUTOMATIC	Therm.Prot. CEG69GV
Eff 100% 59	Eff 75%	PF 54
UL Y-(LEESON UL REC)	CSA Yes	Bearing OPE 6203
CC Number	CE	Bearing PE 6203
Load Type	Inverter Type NONE	Speed Range NONE

Motor Wt. 16 LB	Enclosure DP	Lubrication STANDARD
Nameplate A-92005-6	Mounting RIGID	Rotation SELECTIVE CCW
Assembly LO100115	Shaft Dia. 1/2 IN	Ext. Diag. 005003.52
Cust Part No	Outline 031621-525	Ext. Diag2
Packaging B	Outline Dash No	Winding CE484209
Carton Label Leeson Gen Purpose		GROUP: 3
Iris	Paint LEESON BLUE	Test Card

Form Factor	RMS Amps	Const Torque Speed Range
Torque	Peak	
AB Code	Peak@DegC	
Resistance		
Connection		

Rework Status	Rework TYPE	
---------------	-------------	--

Diseño de planta piloto de producción de biodiesel

Hazardous Loc		NONE				Brake Motors		
Explosion Proof				Temp Op Code		FORCE		
Class				GROUP:		VDC		
Class				GROUP:		ADC		
						Brake Coil OHMs @25 C		
Performance								
Torque UOM		OZ-FT		Inertia (WK ²)		-1 LB-FT^2		
Torque		12(Full Load)		0(No Load)		36.1(Pull Up)		43.2(Locked Rotor)
CURRENT (amps)		2.75(Full Load)		2.6(No Load)		7.5(Pull Up)		12(Locked Rotor)
Efficiency (%)		0(Full Load)		51(75% Load)		42(50% Load)		27(25% Load)
PowerFactor		51.5(Full Load)		45(75% Load)		37(50% Load)		30(25% Load)
Load Curve Data @60 Hz, 230 Volts, 1/4 Horsepower								
Load	Amps	KW	RPM	Torque	EFF	PF	Rise By Resis	Frame Rise
0.0	2.55	0.13	1795	0.0	0.5	22.0	0.0	-
0.25	2.6	0.175	1785	3.0	27.0	30.0	0.0	-
0.5	2.6	0.225	1775	6.0	42.0	37.0	0.0	-
0.75	2.65	0.275	1770	9.0	51.0	45.0	0.0	-
1.0	2.75	0.325	1760	12.0	57.0	51.5	0.0	-
1.25	2.9	0.385	1745	15.0	60.5	58.0	0.0	-
1.5	3.05	0.45	1730	18.25	62.5	63.5	0.0	-
SOURCE: CALCULATED GROUP: 3								




Tabla 15. Angular de $2 \times 2 \times 1/8$ " ASMT A-36.

Propiedades de perfiles laminados de acero 759

Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero
(Unidades SI)

Ángulos
Piernas iguales



Tamaño y espesor, mm	Masa por metros, kg/m	Área, mm ²	Eje X-X y eje Y-Y				Eje Z-Z r, mm
			I 10 ⁴ mm ⁴	S 10 ³ mm ³	r mm	x o y mm	
L203 × 203 × 25.4	75.9	9 670	36.9	258	61.8	60.0	39.7
19.0	57.9	7 350	28.9	199	62.7	57.8	40.0
12.7	39.3	4 990	20.2	137	63.6	55.5	40.4
L152 × 152 × 25.4	55.7	7 080	14.6	139	45.4	47.2	29.5
19.0	42.7	5 420	11.6	108	46.3	44.9	29.7
15.9	36.0	4 580	10.0	92.5	46.7	43.9	29.9
12.7	29.2	3 700	8.22	75.2	47.1	42.7	30.0
9.5	22.2	2 800	6.34	57.4	47.6	41.5	30.2
L127 × 127 × 19.0	35.1	4 470	6.54	74.0	38.3	38.6	24.7
15.9	29.8	3 790	5.66	63.2	38.6	37.5	24.8
12.7	24.1	3 060	4.68	51.7	39.1	36.5	25.0
9.5	18.3	2 320	3.63	39.6	39.6	35.3	25.1
L102 × 102 × 19.0	27.5	3 520	3.23	46.3	30.3	32.3	19.9
15.9	23.4	2 990	2.81	39.7	30.7	31.3	19.9
12.7	19.0	2 430	2.34	32.6	31.0	30.2	19.9
9.5	14.6	1 850	1.83	25.1	31.5	29.0	20.0
6.4	9.8	1 260	1.29	17.4	32.0	28.0	20.3
L89 × 89 × 12.7	16.5	2 100	1.52	24.5	26.9	26.9	17.4
9.5	12.6	1 600	1.19	18.8	27.3	25.8	17.4
6.4	8.6	1 100	0.845	13.1	27.7	24.6	17.6
L76 × 76 × 12.7	14.0	1 770	0.915	17.5	22.7	23.6	14.8
9.5	10.7	1 350	0.725	13.6	23.2	22.5	14.9
6.4	7.3	932	0.517	9.50	23.6	21.4	15.0
L64 × 64 × 12.7	11.4	1 460	0.524	12.1	18.9	20.6	12.5
9.5	8.7	1 130	0.419	9.40	19.3	19.4	12.5
6.4	6.1	778	0.302	6.62	19.7	18.4	12.6
4.8	4.6	591	0.235	5.09	19.9	17.8	12.7
L51 × 51 × 9.5	7.0	879	0.202	5.80	15.2	16.2	9.95
6.4	4.7	612	0.147	4.09	15.5	15.1	9.94
3.2	2.4	316	0.0806	2.17	16.0	13.9	10.1

Tabla 16. Electrodo E6013

ELECTRODOS PARA ACEROS AL CARBONO

GRICON 33

NORMA

AWS/ ASME:	SFA - 5.1
COVENIN:	No. 1477 - 2001
POSICIONES:	Todas
CORRIENTE:	Alterna o Continua, Polo Negativo (-)

CLASIFICACIÓN

E 6013
E 41413

DESCRIPCIÓN: Electrodo de revestimiento rutilico que presenta arco estable de muy fácil encendido y reencendido. Penetración mediana con cordones convexos de muy buena apariencia, con muy baja salpicadura y escoria autodesprendible.

APLICACIONES: Electrodo de amplia aplicación en soldadura de aceros de bajo carbono no aleados, de uso corriente en carpintería metálica: fabricación de muebles, ductos de ventilación, rejas, puertas. Ensamblaje de carrocerías, construcción de vagones, tanques. Soldadura de estructuras livianas en perfiles angulares y rectangulares, cerchas para techos, construcciones navales y reparación de equipos agrícolas.

OPERACIÓN: Permite la ejecución de soldadura en todas las posiciones, destacándose su desempeño en posición vertical descendente. Se recomienda utilizar los amperajes indicados para cada diámetro, en posiciones plana y horizontal usar amperajes medios, en posición vertical ascendente disminúyase el amperaje y en vertical descendente pueden usarse amperajes altos. Limpíese bien la escoria entre pases.

VALORES TÍPICOS:

Composición química:	C: 0,10%	Mn: (0,50 - 0,80) %	Si: 0,30 %
Resistencia a la tracción:	(510 - 560) N/mm ²	(72,86 - 81,45) ksi	
Limite elástico:	(420 - 480) N/mm ²	(58,60 - 66,98) ksi	
Alargamiento (L = 5d):	(23 - 27) %		
Resistencia al impacto:	No requerida por AWS		

Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (amp)	Peso Paq. (kg)
2,50	3/32	350	60-90	10
3,25	1/8	350	90-130	10
4,00	5/32	350	120-170	10
5,00	3/16	350	170-240	10



Tabla 17. Electrodo E308L-16.

ARC WELD I-L

Identificación punto: ROSA

NORMA ASME SFA 5.4 E 308L-16 AWS A 5.4 E 308L-16

DESCRIPCIÓN

Avanzada formulación para aplicarse a muy bajos amperajes, fácil apertura de arco, alta resistencia a la corrosión intergranular, fácil remoción de escoria, muy bajo carbono en el depósito y depósitos libres de defectos. Utiliza C.A. C.D. P. I.

CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES

Es adecuado para soldar acero inoxidable de composición similar, tienen fusión de metal particularmente suave y continua. Los depósitos son tersos al tacto y su perfil en filete es de plano a cóncavo. Su contenido de carbono controlado a más bajos niveles de lo que marca la especificación A.W.S., le da magnífica resistencia a la corrosión intergranular a temperatura hasta 300° C. El electrodo se puede aplicar con bajos amperajes, respecto a los estándares comunes del mercado y como resultado se tiene "una zona afectada por el calor" (ZAC), muy reducida y se disminuye la precipitación de carburos de cromo indeseables. Es un electrodo con núcleo sólido tipo austenítico de la familia 18/8, recomendado para la soldadura de aceros inoxidables del tipo 302, 308, 308-L y 304. Es ideal para enchapar o recubrir y dar protección contra la corrosión a los aceros dulces.

PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR

En soldadura de acero inoxidable la limpieza de las partes por soldar o revestir se debe hacer de manera que se elimine absolutamente todos los restos de impureza ajenos al material base. Esta observación es de suma importancia para evitar contaminación en el cordón en el momento de aplicar el metal de aporte.

Usando corriente directa, conecte el portaelectrodo al polo positivo (polaridad invertida). Aplique cordones rectos usando un arco corto, limpie la escoria entre pasos. Cepille con carda de alambre de acero inoxidable.

ARC WELD I-L

Identificación punto: ROSA

PROPIEDADES MECÁNICAS SEGÚN A.W.S.

Resistencia a la Tensión	520 MPa (75 000 psi)
Elongación	35%

COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN AWS

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
0,04% máx	0,90% máx	0,5-2,5%	18-21%	9-11%	0,75% máx
S	P	Cu			
0,03% máx	0,04% máx	0,75% máx			

Electrodo para corriente alterna (C.A.) y corriente directa polaridad invertida (C.D.P.I.), electrodo al positivo.

MEDIDAS DISPONIBLES

AMPERAJES RECOMENDADOS

2,4 x 305 mm (3/32" x 12")	50 - 75
3,2 x 356 mm (1/8" x 14")	70 - 100
4,0 x 356 mm (5/32" x 14")	110 - 130

EMPAQUE

Bote plástico c/5 kg en bolsa termosellada.

Aceros inoxidables





Tabla 18. Propiedades del acero ASTM – A36.

Apéndice B. Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería ^{1,2}									
(Unidades SI)									
Material	Densidad, kg/m ³	Resistencia última			Fluencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁶ /°C
		Tensión, MPa	Compresión, MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa			
Acero									
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7
Alta resistencia-aleación baja									
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7
Templado									
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7
inoxidable, AISI 302									
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3
Acero de refuerzo									
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7
Fundición									
Fundición gris									
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1
Hierro fundido									
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1
Aluminio									
Aleación 1100-H14									
(99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	28	23.6
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6
Cobre									
Libre de oxígeno									
(99.9% Cu)	8 910	220		150	70		120	44	16.9
Recocido	8 910	390		200	265		120	44	16.9
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9
Latón amarillo									
(65% Cu, 35% Zn)									
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9
Latón rojo									
(85% Cu, 15% Zn)									
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7
Estado bronce	8 800	310			145		95		18.0
(88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)									
Manganeso bronce	8 360	655			330		105		21.6
(63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)									
Aluminio bronce	8 330	620	900		275		110	42	16.2
(81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)									

(La tabla continúa en la página 749)

Tabla 19. Contactores.

Contactores 3RT1. 1. para motores				SIRIUS 3R		
Datos técnicos						
Circuito principal						
Capacidad de carga con corriente alterna						
Contactor	Tamaño Tipo		500 3RT1. 15	500 3RT1. 16	500 3RT1. 17	
Categoría de servicio AC-2 y AC-3						
Intensidades asignadas de empleo I_e	hasta 400 V	A	7	9	12	
	500 V	A	5	6,5	9	
	690 V	A	4	5,2	6,3	
Potencias asignadas de motores con rotor de anillos rozantes y de jaula con 50 Hz y 60 Hz	con 127 V	kW	0,85	1,1	1,5	
	200 V	kW	1,6	2,2	3	
	220 V	kW	2,2	3	3	
	230 V	kW	2,2	3	3	
	240 V	kW	2,2	3	3	
	380 V	kW	3	4	5,5	
	400 V	kW	3	4	5,5	
	415 V	kW	3	4	5,5	
	440 V	kW	3	4	5,5	
	480 V	kW	3	4	5,5	
	500 V	kW	3,5	4,5	5,5	
	575 V	kW	3,5	4,5	5,5	
	660 V	kW	4	5,5	5,5	
	690 V	kW	4	5,5	5,5	
Carga térmica						
Potencia disipada por vía de corriente	Intensidad de 10 s ¹⁾	A	56	72	96	
	con I_e /AC-3	W	0,42	0,7	1,24	
Categoría de servicio AC-4 (vida útil de los contactos aprox. 200.000 maniobras con $I_e = 6 \times I_n$)						
Intensidades asignadas de empleo I_e	hasta 400 V	A	2,6	4,1	4,1	
	690 V	A	1,8	3,3	3,3	
Potencias asignadas de motores con rotor de jaula con 50 Hz y 60 Hz	con 127 V	kW	0,3	0,5	0,5	
	200 V	kW	0,6	1,1	1,1	
	220 V	kW	0,6	1,1	1,1	
	230 V	kW	0,67	1,1	1,1	
	240 V	kW	0,67	1,1	1,1	
	380 V	kW	1,15	2	2	
	400 V	kW	1,15	2	2	
	415 V	kW	1,15	2	2	
	440 V	kW	1,15	2	2	
	480 V	kW	1,15	2	2	
	500 V	kW	1,45	2	2	
	575 V	kW	1,45	2	2	
	660 V	kW	1,15	2,5	2,5	
	690 V	kW	1,15	2,5	2,5	
Categoría de servicio AC-5a, conexión de lámparas de descarga gaseosa cada vía principal de corriente con 230 V						
Potencia asignada por cada lámpara	Intensidad asignada de empleo por cada lámpara (A)					
Descompensado						
L 18 W	0,37	Unidad	30	43	43	
L 36 W	0,43	Unidad	26	37	37	
L 58 W	0,67	Unidad	16	23	23	
Comutación duo						
L 18 W	0,11	Unidad	100	144	144	
L 36 W	0,21	Unidad	54	76	76	
L 58 W	0,32	Unidad	35	50	50	
Conexión de lámparas de descarga gaseosa con compensación, balastos electrónicos, cada vía principal de corriente con 230 V						
Potencia asignada por cada lámpara	Capacidad del condensador (µF)	Intensidad asignada de empleo por cada lámpara (A)				
Compensación en paralelo						
L 18 W	4,5	Unidad	16	22	22	
L 36 W	4,5	Unidad	16	22	22	
L 58 W	7	Unidad	10	14	14	
Con balasto electrónico de 1 lámpara						
L 18 W	6,8	Unidad	44	63	63	
L 36 W	6,8	Unidad	25	35	35	
L 58 W	10	Unidad	16	23	23	
Con balasto electrónico de 2 lámparas						
L 18 W	10	Unidad	25	35	35	
L 36 W	10	Unidad	13	18	18	
L 58 W	22	Unidad	8	12	12	

1) Según VDE 0660 parte 102.



Tabla 20. Relé de sobrecarga térmico.

SIRIUS 3R

Relés de sobrecarga térmicos 3RU11

hasta 100 A · para tiempos de disparo hasta 10 s

Ayuda para la selección

Para combinaciones de contactores para arranque de estrella-triángulo

Intensidad designada del motor	Gama de regulación (los relés de sobrecarga se han de ajustar a 0,56 veces el valor de la intensidad asignada de motor)	Relé de sobrecarga	Contactor de red y contactor de triángulo	Contactor de estrella	Juego de piezas para el cableado
A		Tipo	Tipo	Tipo	Tipo
Tamaño S00					
1,9 a 2,8	1,1 a 1,6	3RU11 16-1AB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
2,4 a 3,4	1,4 a 2	3RU11 16-1BB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
3,1 a 4,3	1,8 a 2,5	3RU11 16-1CB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
3,8 a 5,5	2,2 a 3,2	3RU11 16-1DB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
4,8 a 6,9	2,8 a 4	3RU11 16-1EB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
6 a 8,6	3,5 a 5	3RU11 16-1FB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
7,8 a 10,9	4,5 a 6,3	3RU11 16-1GB0	3RT10 15	3RT10 15	3RA19 13-2B
9,5 a 13,8	5,5 a 8	3RU11 16-1HB0	3RT10 16	3RT10 15	3RA19 13-2B
12,1 a 17,2	7 a 10	3RU11 16-1JB0	3RT10 17	3RT10 15	3RA19 13-2B
15,5 a 21	9 a 12	3RU11 16-1KB0	3RT10 17	3RT10 15	3RA19 13-2B
Tamaño S0					
3,1 a 4,3	1,8 a 2,5	3RU11 26-1CB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
3,8 a 5,5	2,2 a 3,2	3RU11 26-1DB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
4,8 a 6,9	2,8 a 4	3RU11 26-1EB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
6 a 8,6	3,5 a 5	3RU11 26-1FB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
7,8 a 10,9	4,5 a 6,3	3RU11 26-1GB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
9,5 a 13,8	5,5 a 8	3RU11 26-1HB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
12,1 a 17,2	7 a 10	3RU11 26-1JB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
15,5 a 21,5	9 a 12,5	3RU11 26-1KB0	3RT10 24	3RT10 24	3RA19 23-2B
19 a 27,6	11 a 16	3RU11 26-4AB0	3RT10 25	3RT10 24	3RA19 23-2B
24,1 a 34	14 a 20	3RU11 26-4BB0	3RT10 26	3RT10 25	3RA19 23-2B
29,3 a 37,9	17 a 22	3RU11 26-4CB0	3RT10 26	3RT10 25	3RA19 23-2B
34,5 a 43	20 a 25	3RU11 26-4DB0	3RT10 26	3RT10 25	3RA19 23-2B
Tamaño S2					
9,5 a 13,8	5,5 a 8	3RU11 36-1HB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
12,1 a 17,2	7 a 10	3RU11 36-1JB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
15,5 a 21,5	9 a 12,5	3RU11 36-1KB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
19 a 27,6	11 a 16	3RU11 36-4AB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
24,1 a 34	14 a 20	3RU11 36-4BB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
31 a 43	18 a 25	3RU11 36-4DB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
37,9 a 55,2	22 a 32	3RU11 36-4EB0	3RT10 34	3RT10 34	3RA19 33-2B
48,3 a 69	28 a 40	3RU11 36-4FB0	3RT10 35	3RT10 34	3RA19 33-2B
62,1 a 77,6	36 a 45	3RU11 36-4GB0	3RT10 36	3RT10 34	3RA19 33-2B
69 a 86,2	40 a 50	3RU11 36-4HB0	3RT10 36	3RT10 34	3RA19 33-2B
Tamaño S3					
31 a 43,1	18 a 25	3RU11 46-4DB0	3RT10 44	3RT10 44	3RA19 43-2B
37,9 a 55,2	22 a 32	3RU11 46-4EB0	3RT10 44	3RT10 44	3RA19 43-2B
48,3 a 69	28 a 40	3RU11 46-4FB0	3RT10 44	3RT10 44	3RA19 43-2B
62,1 a 77,6	36 a 45	3RU11 46-4HB0	3RT10 44	3RT10 44	3RA19 43-2B
6 a 108,6	45 a 63	3RU11 46-4JB0	3RT10 44	3RT10 44	3RA19 43-2B
98,3 a 129,3	57 a 75	3RU11 46-4KB0	3RT10 45	3RT10 44	3RA19 43-2B
120,7 a 155,2	70 a 90	3RU11 46-4LB0	3RT10 46	3RT10 44	3RA19 43-2B
137,9 a 172,4	80 a 100	3RU11 46-4MB0	3RT10 46	3RT10 44	3RA19 43-2B

Siemens Control y Distribución 2000/2001

4/9

Tabla 21. Arrancador en caja.

Arranque Directo Monofásico - DLWM

POTENCIA DEL MOTOR MONOFÁSICO WEG - 4 POLOS - IP55 - 60 Hz				Rango de ajuste del relé de sobrecarga (A)	Máxima corriente nominal (A)	Referencia	Contactor	Relé de sobrecarga
NEMA 43/56 - Uso General		IEC - Uso General						
110 V HP	220 V HP	110 V HP	220 V HP					
ARRANCADOR TAMAÑO 2								
			0,16	1,2 ... 1,8	1,8	DLWM-7 -RM05	CW07	RW17-102-D018
	1/6 - 1/4			1,8 ... 2,8	2,8	DLWM-7 -RM06	CW07	RW17-102-D028
	1/3	0,16	0,25 - 0,33	2,8 ... 4	4	DLWM-7 -RM07	CW07	RW17-102-U004
1/6 - 1/4	1/2 - 3/4	0,25	0,5	4 ... 6,3	6,3	DLWM-7 -RM08	CW07	RW17-102-D063
1/3	1	0,33	0,75	5,6 ... 8	7	DLWM-7 -RM09	CW07	RW17-102-U008
ARRANCADOR TAMAÑO 4								
		0,25 - 0,33	1 - 1,5	5,6 ... 8	8	DLWM-9 -RM28	CWM9	RW27-102-U008
1/2		0,5		7 ... 10	9	DLWM-9 -RM29	CWM9	RW27-102-U010
3/4	1 1/2	0,75	2	8 ... 12,5	12	DLWM-12 -RM30	CWM12	RW27-102-D125
	2	1	-	10 ... 15	15	DLWM-18 -RM31	CWM18	RW27-102-U015
1		1,5	3	11 ... 17	17	DLWM-18 -RM32	CWM18	RW27-102-U017
1 1/2 - 2		2	4 - 5	15 ... 23	23	DLWM-25 -RM33	CWM25	RW27-102-U023
ARRANCADOR TAMAÑO 6								
		3	-	22 ... 32	32	DLWM-32 -RM34	CWM32	RW27-102-U032
		4	7,5	25 ... 40	40	DLWM-40 -RM35	CWM40	RW67-102-U040
ARRANCADOR TAMAÑO 8								
		5	10	32 ... 50	50	DLWM-50 -RM38	CWM50	RW67-202-U050
			12,5	40 ... 57	57	DLWM-65 -RM39	CWM65	RW67-202-U057
		7,5		57 ... 70	65	DLWM-65 -RM41	CWM65	RW67-202-U070

DLWM

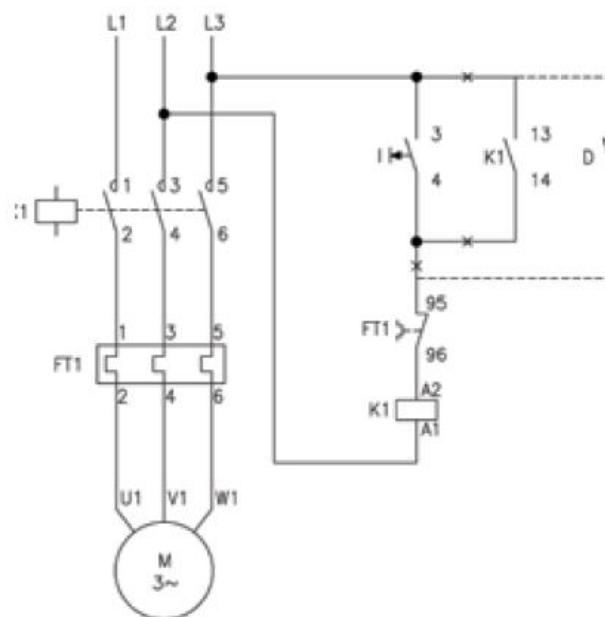




Tabla 22. Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre (AWG).

TABLA 4 INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE (Secciones AWG)								
AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNU
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0.32	22	3	3					
0.51	20	5	5					
0.82	18	7.5	7.5					
1.31	16	10	10					
2.08	14	15	15	25	20	20	30	
3.31	12	20	20	30	25	25	40	
5.26	10	30	30	40	40	40	55	
8.36	8	40	45	50	55	65	70	90
13.30	6	55	65	70	80	95	100	130
21.15	4	70	85	90	105	125	135	150
26.67	3	80	100	105	120	145	155	200
33.62	2	95	115	120	140	170	180	230
42.41	1	110	130	140	165	195	210	270
53.49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67.42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85.01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107.2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152.0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177.3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202.7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253.4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354.7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405.4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506.7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633.4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760.1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886.7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Tabla 23. Conductor que alimenta el centro de carga.

Tensión nominal: 300/500 V	Norma básica: UNE 21031-5	Designación genérica: H03VV-F H05VV-F H05VV-F
-----------------------------------	----------------------------------	--

CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama
UNE EN 50265-2-1



Resistencia a la absorción de agua

- Norma constructiva: UNE 21031-5 ; HD 21.5 S3 ; CEI 60227-5.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Tensión nominal de servicio: hasta 0,75 mm² -> 300/300 V, desde 1 mm² -> 300/500 V.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 1500 V en los cables de 300 V y de 2000 V en los cables de 500 V.

Ensayo de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 50265-2-1.

DESCRIPCIÓN

CONDUCTOR

Metal: Cobre electrolítico recocido.
Flexibilidad: Flexible, clase 5, según UNE 21022.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo T12.
Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.
 (Ver tabla de colores según número de conductores).

CUBIERTA

Material: Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo TM2.
Color: Blanco.



APLICACIONES

- En locales domésticos, cocinas, oficinas para la alimentación de aparatos domésticos, inclusive los que estén en locales húmedos.
 - Para esfuerzos mecánicos pequeños, los cablecillos del tipo H03VV-F (aparatos portátiles ligeros).
 - Para esfuerzos mecánicos medios, los del tipo H05VV-F (lavadoras, refrigeradores, microondas, etc.).
 - Inadecuado para su utilización a la intemperie o en talleres o locales no domésticos (Ver Flextreme).
- Provisionales y temporales de obras (sólo interiores) (ITC-BT 33).
 - Alimentación de aparatos domésticos (lavadoras, frigoríficos...) (ITC-BT 43).
 - Instalaciones en muebles (ITC-BT 49).
 - Prolongadores y alargos de interior para uso doméstico (UNE 21176).



PIREPOL GAS

Tensión nominal: **300/500 V**

Norma básica: **UNE 21031-5**

Designación genérica:
H03VV-F
A05VV-F
H05VV-F

DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Espesor cubierta mm	Diámetro exterior mínimo mm	Diámetro exterior máximo mm	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km
H05VV-F					
2 x 0.5	0.5	0.6	4.6	5.9	39
2 x 0.75	0.6	0.8	5.7	7.2	26.5
2 x 1	0.6	0.8	5.9	7.5	19.5
2 x 1.5	0.7	0.8	6.8	8.6	13.3
2 x 2.5	0.8	1	8.4	10.6	7.98
2 x 4	0.8	1.1	9.7	12.1	4.95
2 x 6	0.8	1.2	10.8	13.5	3.3
3 x 0.75	0.6	0.8	6	7.6	26.5
3 x 1	0.6	0.8	6.3	8	19.5
3 x 1.5	0.7	0.9	7.4	9.4	19.5
3 x 2.5	0.8	1.1	9.2	11.4	13.3
3 x 4	0.8	1.2	10.5	13.1	4.95
3 x 6	0.8	1.4	11.9	14.8	3.3
4 x 0.75	0.6	0.8	6.6	8.3	26.5
4 x 1	0.6	0.9	7.1	9	19.5
4 x 1.5	0.7	1	8.4	10.5	13.3
4 x 2.5	0.8	1.1	10.1	12.5	7.98
4 x 4	0.8	1.4	11.5	14.3	4.95
4 x 6	0.8	1.4	13.1	16.2	3.3
5 x 0.75	0.6	0.9	7.4	9.3	26.5
5 x 1	0.6	0.9	7.8	9.8	19.5
5 x 1.5	0.7	1.1	9.3	11.6	13.3
5 x 2.5	0.8	1.2	11.2	13.9	7.98
5 x 4	0.8	1.4	13	16.1	4.95
5 x 6	0.8	1.4	14.3	17.7	3.3



Tabla 24. Centro de carga.

Centros de carga

Centro de carga QO Tablas de selección

Clase 1130



Zapatas principales - Gabinete Tipo1 (Usos generales)

Caja principal de distribución (por los generadores)									
Corriente amperes	Espacios	Caja e interiores	Frente Tipo 1 con puerta		Calibre conductor principal		Accesorio de tierra	No. caja	
		No. catálogo	No. catálogo	Sobrepasar No. catálogo	Al	Cu	No. catálogo		
Monofásico 1F - 3H 120/240 V - 10 000 A sim									
30	2	QO2L30S	Frente incluido sin puerta		#12 - #10	#14 - #10	PK3GTA - 1	1	
40	2	QO2F/S			#12 - #10	#14 - #10	PK3GTA - 1	1	
70	2	QO24L70F/S			#12 - #8	#14 - #4	PK4GTA	2	
100	6	QO612L100F/S			#8 - #1		PK7GTA	3	
	6	QO616L100F/S			#8 - #1		PK7GTA	3	
125	12	QO112L125G	QOC16UF	QOC16US	#6 - 2/0		YA INCLUIDO	5	
	20	QO120L125G	QOC24UF	QOC24US			YA INCLUIDO	6	
200	30	QO130L200G	QOC30UF	QOC30US	#6 - 250		YA INCLUIDO	7	
225	42	QO142L225G	QOC42UF	QOC42US	#6 - 300		YA INCLUIDO	8	
Trifásico 3F - 4H 240/120 V 10 000 A sim									
125	12	QO312L125G	QOC16UF	QOC16US	#6 - 2/0		YA INCLUIDO	5	
	20	QO320L125G	QOC24UF	QOC24US			YA INCLUIDO	6	
200	30	QO330L200G	QOC30UF	QOC30US	#6 - 250		YA INCLUIDO	7	
225	42	QO342L225G	QOC42UF	QOC42US	#6 - 300		YA INCLUIDO	8	

Frente y juego de tierra deben ser ordenados por separado

Nota: Para gabinetes NEMA Tipo 3R (a prueba de lluvia), consultar a planta.

Interruptor principal - Gabinete Tipo1 (Usos generales)

Interruptor principal QOM1 Tipo 1 (con puerta)									
Corriente amperes	Especifico	Caja e Interiores		Frente Tipo 1 con puerta		Calibre conductor principal		Accesorio de tierra	No. caja
		No. Catálogo	Empotrar No. catálogo	Sobrepasar No. catálogo		Al	Cu	No. catálogo	
Monofásico 1F - 3H 120/240 V - 22 000 A sim, Interruptor principal Marco QOM1									
100	12	QO112M100	QOC12UF	QOC12US				PK9GTA	4
	16	QO116M100	QOC20U100F	QOC20U100S	#6 - #1			PK12GTA	5
	20	QO120M100	QOC20U100F	QOC20U100S				PK15GTA	5
	24	QO124M100	QOC24UF	QOC24US	#6 - 2/0			PK15GTA	6
Trifásico 3F - 4H 240/120 V 22 000 A sim, Interruptor principal									
100	17	QO317M F/S	Frente incluido				#4 - 2/0	PK15GTA	
100	27	QO327M100	QOC30UF	QOC30US			#4 - 2/0	PK15GTA	7
225	42	QO342M225	QOC342UF	QOC342US			#4 - 300	PK23GTA	10

Frente y juego de tierra deben ser ordenados por separado

Gabinete NEMA 3R, No Metálico, Uso Intemperie, Zapatas Principales, 1F-3H, 10KA sim C.L.

60	2	QO34L60RNM	Frente incluido	#14 - 4	YA INCLUIDO	11
----	---	------------	-----------------	---------	-------------	----

Gabinete NEMA 3R, Metálico, Uso Intemperie, Zapatas Principales, 1F-3H, 10KA sim C.L.

70	2	QO34L70RB	Frente incluido	#14 - 6	PK3GTA-1	12
----	---	-----------	-----------------	---------	----------	----

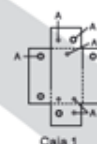
Accesorios

QOPP	Placa refreno para interruptor QO de 1 polo
------	---

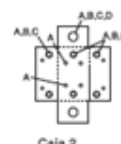
Discos removibles y gabinetes

Dimensiones (mm/plg)			
No. caja	Ancho	Altura	Fondo
1	96,7 - 3,81	170,6 - 6,72	76,2 - 3,00
2	122,1 - 4,81	236,2 - 9,30	81,0 - 3,19
3	225,5 - 8,88	319,2 - 12,57	96,5 - 3,80
4	361,9 - 14,25	378,9 - 14,92	95,2 - 3,75
5	361,9 - 14,25	455,1 - 17,92	95,2 - 3,75
6	361,9 - 14,25	531,3 - 20,92	95,2 - 3,75
7	361,9 - 14,25	758,0 - 29,86	95,2 - 3,75
8	361,9 - 14,25	965 - 37,98	95,2 - 3,75
10	361,9 - 14,25	1000 - 39,37	95,2 - 3,75
11	166 - 6,52	223 - 8,79	99 - 3,90
12	124 - 4,88	238 - 9,38	102 - 4,00

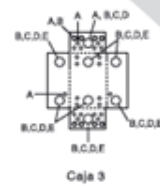
Discos removibles (mm/plg)						
Símbolo	A	B	C	D	E	G
Tamaño	12,7	19	25,4	31,7	38,1	63,5
tubo (conduit)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2 1/2



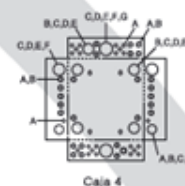
Caja 1



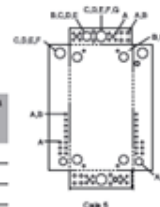
Caja 2



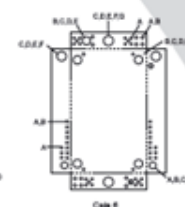
Caja 3



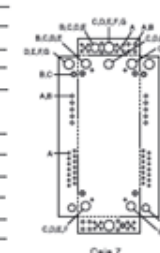
Caja 4



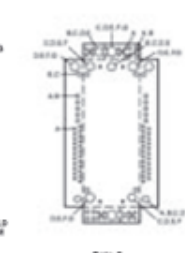
Caja 5



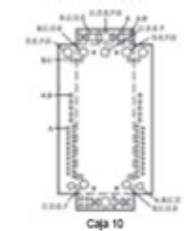
Caja 6



Caja 7



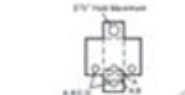
Caja 8



Caja 10



Caja 11






Caja 12

Tabla 25. Interruptor termo magnético.



Tabla 3-30. Interruptores Tipo CH, 3/4 pulgada (19.1 mm) por Polo 120, 120/240 ó 240V CA, 10,000 AIC

Amperaje Nominal	Rango de Tamaños de Hilo Cu/Al 60°C ó 75°C	1 Polo 120/240V CA Requiere un espacio de 3/4 pulgada (19.1 mm)	2 Polos 120/240V CA Disparo Común Requiere 2 Espacios de 3/4 pulgada (19.1 mm)	3 Polos 240V CA Disparo Común Requiere 3 Espacios de 3/4 pulgada (19.1 mm)
				
		10 por Caja	5 por Caja	5 por Caja
		10 kAIC	10 kAIC	10 kAIC
		Número de Catálogo	Número de Catálogo	Número de Catálogo
10	(1) #14 – 8 ¹	CH110	CH210	CH310
15	(2) #14 – 10 ^{1,2}	CH115 ^{7,8}	CH215 ⁸	CH315 ⁸
20	(1) #14 – 6 ³	CH120 ^{7,8}	CH220 ⁸	CH320 ⁸
25		CH125 ⁸	CH225 ⁸	CH325 ⁸
30		CH130 ⁸	CH230 ⁸	CH330
35	#14 – 2 ¹ #14 – 6 ³	CH135 ⁸	CH235 ⁸	CH335
40	#10 – 1/0 ⁴	CH140 ⁸	CH240 ⁸	CH340 ⁸
45	#14 – 2 ⁵	CH145 ⁸	CH245 ⁸	CH345 ⁸
50	#3/0 ⁶	CH150 ⁸	CH250 ⁸	CH350 ⁸
60		CH160 ⁸	CH260 ⁸	CH360 ⁸
70		CH170	CH270	CH370
80		—	CH280	CH3080
90		—	CH290	CH3090
100		—	CH2100	CH3100
110		—	CH2110	—
125		—	CH2125	—
150		—	CH2150 ⁹	—

¹ Para interruptores unipolares y bipolares.

² Alambres sólidos y trenzados pueden utilizarse juntos.

³ Para interruptores de 3 polos.

⁴ 1 polo 60 – 70 amperes, 2 polos 80 – 125 amperes, 3 polos 40 – 100 amperes.

⁵ 1 polo 40 – 50 amperes, 2 polos 40 – 70 amperes.

⁶ 2 polos 150 amperes.

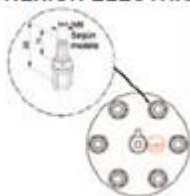
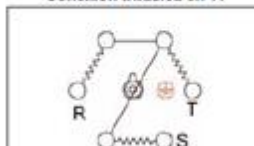
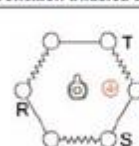
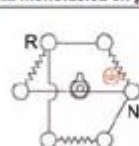
⁷ Trabajo de interrupción nominal

⁸ HACR nominal.

⁹ CH2150 requiere de espacios para 4 polos y no es adecuado para su uso en paneles trifásicos, no certificado CSA.

Tabla 26. calefactor con tapón de acoplamiento en latón, en forma de U.
CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO EN LATÓN, FORMA "3U":

Modelo	L en mm	Rosca tapón pulg. GAS	Wattios	W/cm ²	Material tubo
DP001	180	2"	1500	8,3	Inox
DP001C	180	2"	1500	8,3	Cu
DP002C	180	2-1/2"	1500	8,3	Cu
DP003	260	2"	2250	7,5	Inox
DP003C	260	2"	2250	7,5	Cu
DP004C	260	2-1/2"	2250	7,5	Cu
DP005	350	2"	3000	7	Inox
DP005C	350	2"	3000	7	Cu
DP007	520	2"	4500	6,6	Inox
DP007C	520	2"	4500	6,6	Cu
DP009	680	2"	6000	6,5	Inox
DP009C	680	2"	6000	6,5	Cu


CONEXIÓN ELÉCTRICA:

Conexión trifásica en Δ

Conexión trifásica en Δ

Conex. monofásica en paralelo


Marcado del elemento	ESQUEMA ELÉCTRICO Nº 1 <i>Tensión de alimentación</i>	ESQUEMA ELÉCTRICO Nº 2 <i>Tensión de alimentación</i>	ESQUEMA ELÉCTRICO Nº 3 <i>Tensión de alimentación</i>
220/380V	3 ~ 380V	3 ~ 220V	2 ~ 220V
230/400V	3 ~ 400V	3 ~ 230V	2 ~ 230V
240/415V	3 ~ 415V	3 ~ 240V	2 ~ 240V
254/440V	3 ~ 440V	3 ~ 254V	2 ~ 254V
127/220V	3 ~ 220V	3 ~ 127V	2 ~ 127V

AGUA:

Además del efecto químico del agua hay que tener en cuenta las condiciones particulares de cada instalación, tales como **materiales del depósito y tuberías**, que podrían crear pares electroquímicos; la **velocidad del agua** a través de la resistencia, que puede provocar erosión o evitar sedimentos; su **temperatura**; posibles zonas de **agua inmóvil** que pueda provocar erosión intersticial, tal como depósitos de cal; que la resistencia toque al fondo o a una vaina de termostato, etc. En cualquier caso, la determinación final del material de funda del calefactor es siempre responsabilidad del usuario.

Especialmente indicada para trabajar en agua. No obstante debe tenerse en cuenta las limitaciones propias del inoxidable 321.

Las aguas duras provocan sedimentación de cal alrededor de la funda de la resistencia. Esto hace que la disipación de calor no sea correcta y la resistencia acabe derivando. Para reducir la sedimentación de cal es conveniente asegurar un cierto movimiento de agua alrededor de la resistencia o bien utilizar descalcificadores.

En resistencias con densidad de carga superiores a 6 W/cm² y en modelos con los tubos muy juntos es necesario el movimiento forzado del agua.

No utilizar para la elaboración de vapor. Se recomienda utilizar resistencias con clase térmica T-602-S.

Estas resistencias no pueden trabajar sin estar sumergidas en agua salvo con cargas muy bajas, por lo que es conveniente tomar precauciones para evitar el deterioro de las mismas en tales circunstancias, tales como termostatos o niveles que desconecten la resistencia en caso de peligro de trabajar en seco.

ACEITE:

Esta clase de resistencias está perfectamente preparada para calentar aceite, pero debe tenerse en cuenta que para cargas excesivas y para aceites de baja resistencia térmica, puede deteriorarse el aceite, creandose una capa de carbón que aísla la resistencia y acaba fundiéndola.

Las cargas máximas recomendadas para aceite térmico de calidad son:

Para temperatura del aceite de 300°C	4 W/cm ²
Para temperatura del aceite de 250°C	8 W/cm ²
Para temperatura del aceite de 200°C	14 W/cm ²
Para aceite térmico normal a 200°C	8 W/cm ²
Para aceites vegetales a 150°C	5 W/cm ²
Para aceites minerales a 130°C	4 W/cm ²

Para aplicaciones sobre aceite es necesario comprobar que la temperatura del sellado no supera los 150°C puesto que de hacerlo podrían aparecer fugas de corriente superiores a las permitidas por la norma.



Tabla 27. Termocupla.



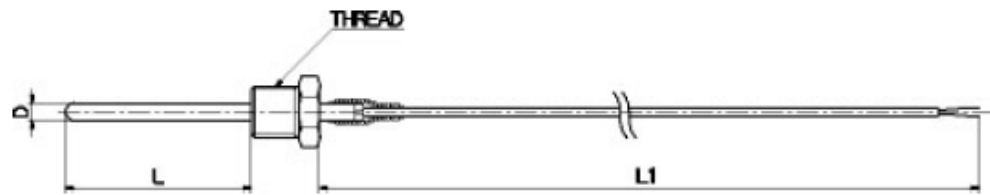
TERMOCUPLAS Y RTD'S



DS2180-4130 - 1/2

❖ DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

MODELO	DS2180-(J o K)-6.4-100-PT1/2
Tipo	J, K
Diámetro del Elemento	0.65 mm
Clase	0.75
Rango	J: -40 a 750 °C K: -40 a 1200 °C
Tolerancia	± 2.5 °C
Material del tubo	Acero SUS304
Diámetro de bulbo	6.4 mm
Longitud de bulbo	100 mm
Longitud de cable	2 m
Terminal	Tipo uña
Rosca	PT 1/2"



MODEL: DS-4130

INPUT: PT100

ELEMENT PAIR: SINGLE

CLASS: B

RANGE: -100 TO 250°C

TOLERANCE: $\pm (0.3 + 0.005 t)$

t = measured temperature

TUBE MATERIAL: SUS304

OUT DIAMETER (D): 6.4mm

LENGTH (L): 100mm

LEAD WIRE: CX-4

TERMINAL: R2

THREAD: PT1/2"

LEAD WIRE:

Symbol	Compensation Cable Type	Conductor size	Specification
CX-4	Heat-resistant exterior shield Teflon wire	20/Ø 0.12 × 3P	

TERMINAL:

Symbol	Type	DRAW
R2	"Y" Terminal Type	



Tabla 28. Controlador de temperatura.

OMRON

■ Accessories (Order Separately)

Current Transformers (CTs)

Model	E54-CT1	E54-CT3
Hole diameter	5.8 dia.	12.0 dia.

Specifications

■ Ratings

Power supply voltage	100 to 240 VAC, 50/60 Hz	24 VAC/VDC, 50/60 Hz
Operating voltage range	85% to 110% of rated supply voltage	
Power consumption	7 VA	5 VA, 3 W
Sensor input	Thermocouple: K, J, T, E, L, U, N, R, S, B Platinum resistance thermometer: Pt100, JPt100 Infrared temperature sensor: 10 to 70°C, 60 to 120°C, 115 to 165°C, 140 to 260°C Voltage input: 0 to 50 mV	
Control output	Relay output	SPST-NO, 250 VAC, 3 A (resistive load), electrical life: 100,000 operations
	Voltage output	12 VDC $\pm 1\%$ max. (PNP), max. load current: 21 mA, with short-circuit protection circuit
	Current output	4 to 20 mA DC, load: 600 Ω max., resolution: approx. 2,600
Alarm output	SPST-NO, 250 VAC, 1 A (resistive load), electrical life: 100,000 operations	
Event input	Contact input	ON: 1 k Ω max., OFF: 100 k Ω min.
	Non-contact input	ON: Residual voltage: 1.5 V max., OFF: Leakage current: 0.1 mA max.
	Outflow current: Approx. 7 mA per point	
Control method	2-PID control or ON/OFF control	
Setting method	Digital setting using front panel keys	
Indication method	7-segment digital display and single-lighting indicators	
	Character height: PV: 10.0 mm, SV: 6.5 mm	
Other functions	According to Controller model	
Ambient operating temperature	-10 to 55°C (with no condensation or icing)	
Ambient operating humidity	25% to 85%	
Storage temperature	-25 to 65°C (with no condensation or icing)	

■ Input Ranges

Platinum Resistance Thermometer Input

Input type	Pt100		JPt100	
Temperature range	-200 to 850°C	-199.9 to 500.0°C	-199.9 to 500.0°C	0.0 to 100.0°C
Setting number	0	1	2	4

Thermocouple Input

Input type	K		J		T		E	L	U	N	R	S	B
Temperature range	-200 to 1300°C	-20 to 500°C	-100 to 850°C	-20.0 to 400.0°C	-200 to 400°C	-199.9 to 400.0°C	0 to 600°C	-100 to 850°C	-200 to 400°C	-199.9 to 400.0°C	-200 to 1300°C	0 to 1700°C	100 to 1800°C
Setting number	5	6	7	8	9	22	10	11	12	23	13	14	16



Shaded setting indicates the default setting.

ES1B Infrared Temperature Sensor

Input type	10 to 70°C	60 to 120°C	115 to 165°C	140 to 260°C
Temperature range	0 to 90°C	0 to 120°C	0 to 165°C	0 to 260°C
Setting number	17	18	19	20

Analog Input

Input type	0 to 50 mV
Setting range	Usable in the following ranges by scaling: -1000 to 9999 or -100.0 to 999.9
Setting number	21

Applicable standards by input type are as follows:

K: GB/T 2814-98
J,L: GB/T 4994-98
T,U: GB/T 2903-98
E: GB/T 4993-98
N: GB/T 17615-98
R: GB/T 1598-98
S: GB/T 3773-98
B: GB/T 2902-99
JPI100, P100: GB/T 5977-99

Characteristics

Indication accuracy	Thermocouple: ($\pm 0.5\%$ of indicated value or $\pm 1^\circ\text{C}$, whichever is greater) ± 1 digit max. (See note 1.) Platinum resistance thermometer: ($\pm 0.5\%$ of indicated value or $\pm 1^\circ\text{C}$, whichever is greater) ± 1 digit max. Analog input: $\pm 0.5\%$ FS ± 1 digit max. CT input: $\pm 5\%$ FS ± 1 digit max.
Influence of temperature (See note 2.)	R, S, and B thermocouple inputs: ($\pm 1\%$ of PV or $\pm 10^\circ\text{C}$, whichever is greater) ± 1 digit max.
Influence of voltage (See note 2.)	Other thermocouple inputs: ($\pm 1\%$ of PV or $\pm 4^\circ\text{C}$, whichever is greater) ± 1 digit max. $\pm 10^\circ\text{C}$ for -100°C or less for K sensors Platinum resistance thermometer inputs: ($\pm 1\%$ of PV or $\pm 2^\circ\text{C}$, whichever is greater) ± 1 digit max. Analog inputs: ($\pm 1\%$ of FS) ± 1 digit max.
Hysteresis	0.1 to 999.9 EU (in units of 0.1 EU)
Proportional band (P)	0.1 to 999.9 EU (in units of 0.1 EU)
Integral time (I)	0 to 3999 s (in units of 1 s)
Derivative time (D)	0 to 3999 s (in units of 1 s)
Control period	1 to 99 s (in units of 1 s)
Manual reset value	0.0% to 100.0% (in units of 0.1%)
Alarm setting range	-1000 to 9999 (decimal point position depends on input type)
Sampling period	500 ms
Insulation resistance	20 M Ω min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	2,000 VAC, 50 or 60 Hz for 1 min (between output-carrying terminals of different polarity)
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 20 m/s ² for 10 min in X, Y and Z directions
Shock resistance	100 m/s ² , 3 times each in 3 axes, 6 directions
Weight	Approx. 150 g
Memory protection	EEPROM (non-volatile memory) (number of write operations: 100,000)
EMC	Enclosure Emission: EN 55011 (GB/T 6113.1-2) Group 1 Class A AC Mains Emission: EN 55011 (GB/T 6113.1-2) Group 1 Class A ESD Immunity: IEC 61000-4-2 (GB/T 17626.2) 4 kV contact discharge (level 2) 8 kV air discharge (level 3) RF-interference immunity: IEC 61000-4-3 (GB/T 17626.3) 10 V/m, 80 MHz to 1 GHz (level 3) Conducted Disturbance Immunity: IEC 61000-4-6 (GB/T 17626.6) 3 V (0.15 to 80 MHz) (level 3) Burst Immunity: IEC 61000-4-5 (GB/T 17626.5) 2 kV powerline (level 3) 2 kV I/O signal line (level 4)
Applicable standards	UL 61010C-1, CSA C22.2 No. 1010-1 Conforms to EN 61326, EN 61010-1 (IEC 61010-1).

Note 1. The indication accuracy of K thermocouples in the -200 to 1300°C range, T and N thermocouples at a temperature of -100°C max. and U and L thermocouples at any temperature is $\pm 2^\circ\text{C}$ ± 1 digit maximum. The indication accuracy of the B thermocouples at a temperature of 400°C max. is not specified.

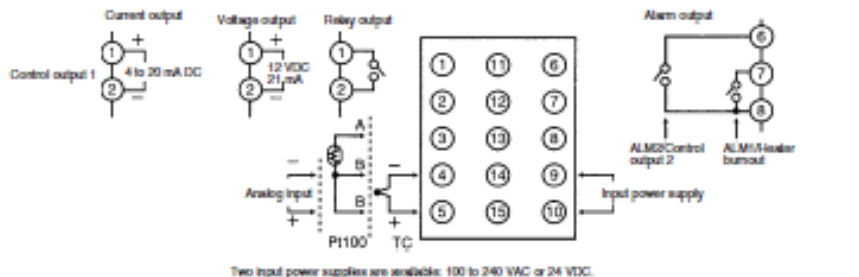
The indication accuracy of the R and S thermocouples at a temperature of 200°C max. is $\pm 3^\circ\text{C}$ ± 1 digit maximum.

2. Conditions: Ambient temperature: -10°C to 23°C to 55°C , Voltage range: -15% to $+10\%$ of rated voltage.

3. When using the ES3-CN00N or ES3-CN00N Option Unit with the ESCZ-C2M or ESCZ-C2M to satisfy the Class A limit for the radiated interference field strength test, always connect a ZCAT2235-1030 Clamp Filter (manufactured by TDK) to the power line of the Temperature Controller.

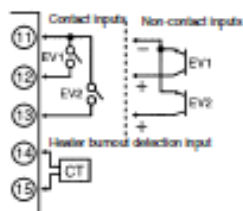
Wiring Terminals

- The voltage output (control output) is not electrically insulated from the internal circuits. When using a grounded thermocouple, do not connect the control output terminals to the ground. If the control output terminals are connected to the ground, errors will occur in the measured temperature values as a result of leakage current.

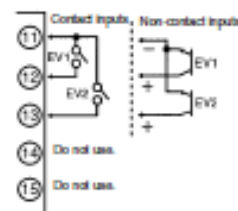


Option Units

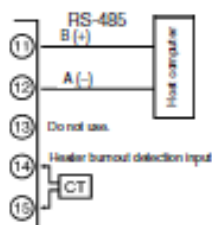
E53-CNHBN
Event Inputs/Heater Burnout Detection



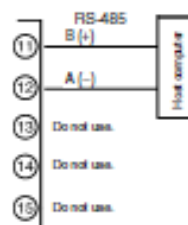
E53-CNBN
Event Inputs



E53-CNH03N
Communications/Heater Burnout Detection



E53-CN03N
Communications



Communications

Interface: RS-485
Synchronization: Start-stop (asynchronous)
Communications: Half duplex
Baud rate: 1.2/2.4/4.8/9.6/19.2 kbps

Event Inputs

Contact Inputs
ON: 1 kΩ max., OFF: 100 kΩ min.
Non-Contact Inputs
ON: residual voltage of 1.5 V max.
OFF: leakage current of 0.1 mA max.

Heater Burnout Alarm

Maximum heater current: 50 A AC
Input current indication accuracy: ±5% FS ±1 digit max.
Heater burnout alarm setting range: 0.1 to 49.9 A, in 0.1 A increments

Tabla 29. Variador de frecuencia del motor eléctrico de 3/4 HP.



VLT® Micro Drive

El drive compacto de propósito general

El VLT® Micro Drive es un convertidor de frecuencia de aplicación general que permite controlar motores de CA de hasta 22 kW. De tamaño compacto, este convertidor ofrece la máxima resistencia y fiabilidad.

Conforme a la norma RoHS

El VLT® Micro Drive ha sido fabricado respetando el medio ambiente y cumple con la directiva RoHS.

Es la solución ideal para:

- Aplicaciones industriales
- Aplicaciones HVAC
- Aplicaciones básicas

Gama de potencias:

Monofásica 200–240 V CA...0,18–2,2 kW
Trifásica 200–240 V CA.....0,25–3,7 kW
Trifásica 380–480 V CA.....0,37–22 kW



Funciones	Ventajas
Fácil de usar	
• Fácil puesta en marcha	• Ahorra tiempo
• Monta-conecta-¡listo!	• Mínimo esfuerzo, mínimo tiempo
• Copia de ajustes mediante panel de control local	• Fácil programación de varios convertidores
• Estructura intuitiva de parámetros	• Lectura mínima del manual
• Compatible con el software VLT® MCT10	• Ahorro de tiempo de puesta en marcha
• Funciones de autoprotección	• Funcionamiento sin incidentes
• Controlador PI de proceso	• No requiere el uso de controladores externos
• Adaptación automática del motor (AMA)	• Explota al máximo la capacidad del motor
• 150% del par motor hasta 1 minuto	• Abundante par de arranque y aceleración
• Función de Motor en giro (capturar a un motor girando)	• No se desconecta cuando arranca con un motor girando libremente
• ETR (relé térmico electrónico)	• Sustituye la protección externa del motor
• Función de parada precisa	• Producción sin incidentes, mayor tiempo de funcionamiento
• Smart Logic Control (SLC)	• Con frecuencia hace innecesario el PLC
• Filtro RFI integrado	• Ahorra costes y espacio
Ahorro de energía	
• Rendimiento energético 98%	• Minimiza la pérdida de calor
• Optimización automática de la energía	• Ahorro de entre un 5% y un 15% de energía en aplicaciones HVAC
Fiable	
• Protección contra fallos de conexión a tierra	• Protege el convertidor de frecuencia
• Protección ante cortocircuitos	• Protege el motor y el convertidor
• Protección contra sobrecalentamiento	• Aumento de la vida útil
• Disipación de calor óptima	• Bajo costo de mantenimiento
• Protección estanca	• Admite una alimentación de red irregular
• Sistema electrónico de alta calidad	• Alta fiabilidad
• Condensadores de alta calidad	• Productividad optimizada
• Todos los convertidores probados en fábrica	• Protege el medio ambiente
• Resistencia antipolvo	
• Conforme a la norma RoHS	
• Diseñado para WEEE	

PCB barnizado de serie

Para los entornos más duros.

Opciones de alimentación

Danfoss VLT Drives ofrece una amplia gama de opciones de alimentación externa para su uso con nuestros convertidores en aplicaciones o redes críticas:

Software para PC

• MCT 10

Ideal para la puesta en marcha y el mantenimiento del convertidor, incluida la programación guiada del controlador de cascada, el reloj en tiempo real, el controlador Smart Logic y el mantenimiento preventivo.

• VLT Energy Box

Herramienta de análisis exhaustivo de la energía, muestra el tiempo de amortización del convertidor de frecuencia.

• MCT 31

Herramienta de cálculo de armónicos.



Tamaños de alojamiento (soportes de montaje incl.)

[mm]	M1	M2	M3	M4	M5
Alto	150	176	239	292	335
Ancho	70	75	90	125	165
Profundidad	148	168	194	241	298

+ 6 mm con potenciómetro

Especificaciones

Alimentación de red (L1, L2, L3)	
Tensión de alimentación	1 a 200–240 V ±10%, 3 a 200–240 V ±10%
Frecuencia de alimentación	50/60 Hz
Factor de potencia (cos φ) prácticamente uno	(> 0,98)
Comutación en la alimentación de la entrada L1, L2, L3	1-2 veces/minuto
Datos de salida (U, V, W)	
Tensión de salida	0–100% de la tensión de alimentación
Frecuencia de salida	0–200 Hz (modo WCC+), 0–400 Hz (modo UFF)
Comutación en la salida	Ilimitada
Tiempos de rampa	0,05–3.600 s
Entradas digitales	
Entradas programables	5
Lógica	PNP o NPN
Nivel de tensión	0–24 V
Entradas de pulso	
Entradas de pulso programables	1*
Nivel de tensión	0–24 V CC (lógica positiva PNP)
Frecuencia de entrada de pulso	20–5000 Hz
* Una de las entradas digitales puede utilizarse para entrada de pulso.	
Entrada analógica	
Entradas analógicas	2
Modos	1 de intensidad/1 de tensión o de intensidad
Nivel de tensión	0–10 V (escalable)
Nivel de intensidad	0/4–20 mA (escalable)
Salida analógica	
Salidas analógicas programables	1
Rango de intensidad en salida analógica	0/4–20 mA
Salidas de relé	
Salidas de relé programables	1 (240 V CA, 2 A)
Aprobaciones	
CE, C-lick, UL	
Comunicación de bus de campo	
Protocolo FC, Modbus RTU	

Códigos de pedido

Potencia [kW]	200 V			400 V	
	CA [L-nom.]	1 ph.	3 ph.	CA [L-nom.]	3 ph.
0,18	1,2	132F 0001			
0,25	1,5		132F 0008		
0,37	2,2	132F 0002	132F 0009	1,2	132F 0017
0,75	4,2	132F 0003	132F 0010	2,2	132F 0018
1,5	6,8	132F 0005	132F 0012	3,7	132F 0020
2,2	9,6	132F 0007	132F 0014	5,3	132F 0022
3,0				7,2	132F 0024
3,7	15,2		132F 0016		
4,0		Los microconvertidores de frecuencia a partir de 1,5 kW cuentan con chopper de frenado integrado			
5,5					
7,5					
11,0					
15,0					
18,5					
22,0					
				9,0	132F 0026
				12,0	132F 0028
				15,5	132F 0030
				23,0	132F 0058
				31,0	132F 0059
				37,0	132F 0060
				43,0	132F 0061

Panel de control del VLT* LCP 11 _____ Sin potenciómetro: 132S0100
Panel de control del VLT* LCP 12 _____ Con potenciómetro: 132S0101

Danfoss Industrias S.A. de C.V., Carr. Miguel Alemán No. 162, Apodaca, N.L., México C.P. 66634
Tel.: +52 (81) 8156 5683 y 76 - Lada sin costo (Nacional): 01 800 823 8100 - Soporte técnico: +52 (81) 8156 4868
e-mail: vltmexico@danfoss.com - www.danfoss.com.mx

Danfoss no acepta ninguna responsabilidad por posibles errores que pudieran aparecer en sus catálogos, folletos o cualquier otro material impreso, reservándose el derecho de hacer sus producciones sin previo aviso. Incluirá los que sean bajo pedido. Si estas modificaciones no afectan las características técnicas con el Danfoss. Toda la marca comercial de sus materiales son propiedad de la respectiva compañía Danfoss y el logotipo Danfoss son marcas comerciales de Danfoss A/S. Reservados todos los derechos.

MP020202_M02

132F es una marca registrada de Danfoss A/S

15 MARZO 2013

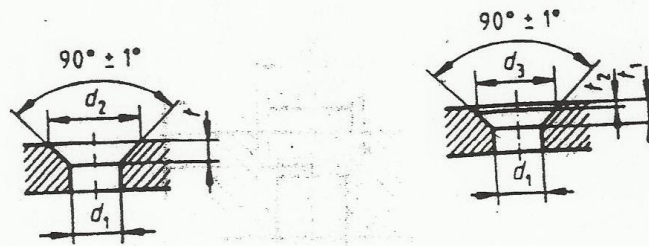
**Tabla 30. Compatibilidad de algunos materiales con las sustancias que intervienen en la producción de biodiésel.**

Material	KOH	NaOH	Etanol	Metanol	Glicerina	Ácidos grasos	Aceite de soya	Ácido fosfórico	Ácido sulfúrico	Diésel 2
Acero inoxidable 316	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Acero inoxidable 304	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Acero al carbono	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Hierro forjado	Buena	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Latón	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Buena	Regular	N/A	Efecto severo	N/A	Excelente
Aluminio	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Excelente
Bronce	Efecto severo	Efecto severo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Cobre	Buena	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	N/A	Efecto severo	Efecto severo	Excelente
Titanio	Efecto severo	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena
Grafito	Regular	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Magnetito cerámico	Excelente	N/A	N/A	Excelente	N/A	N/A	N/A	Regular	Excelente	N/A
PVC	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
CPVC	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente
Polipropileno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Excelente
Poliétileno de baja densidad	Excelente	Efecto severo	Buena	Excelente	Excelente	Efecto severo	Excelente	Buena	Buena	Regular
Policarbonato	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Excelente	Buena	N/A	Excelente	Efecto severo	Excelente
Poliuretano	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo	Buena	Buena	Efecto severo	Efecto severo	Regular
Caucho natural	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Efecto severo	Buena	Efecto severo	Efecto severo
Nitrilo (Buna N)	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Efecto severo	Regular	Excelente
Teflón®	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Neopreno	Buena	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Regular	Regular	Buena	Efecto severo	Buena
Silicona	Regular	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Efecto severo	Efecto severo	Efecto severo
PVDF (Kynar®)	Excelente	Efecto severo	N/A	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Epoxy	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Regular	Excelente
Nylon	Regular	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena	Efecto severo	Excelente
Viton®	Buena	Buena	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente



Tabla 31. Avellanados para tornillos y tuercas.

DIN 74 T1



medio

fino

- Forma A: para tornillos de cabezas avellanadas, DIN 963 y DIN 965, tornillos gota de sebo DIN 964 y DIN 966, tornillo de rosca cortante (o autoroscante) DIN 7513 y DIN 7516
- Forma B: para tornillos avellanados de hexágono interior DIN 7991

Diámetro de rosca	3	3,5	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
d ₁ medio H13	3,4	3,9	4,5	5,5	6,6	9	11	13,5	15,5	17,5	20	22
fino H12	3,2	3,7	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17	19	21
d ₂	6,5	7,6	8,6	10,4	12,4	16,4	20,4	24,4	27,4	32,4	36,4	40,4
d ₃	6	7	8	10	11,5	15	19	23	26	30	34	37
t ₁ medio	1,6	1,9	2,1	2,5	2,9	3,7	4,7	5,2	5,7	7,2	8,2	9,2
fino	1,7	2	2,2	2,6	3	4	5	5,7	6,2	7,7	8,7	9,7
t ₂ fino	0,25	0,3	0,3	0,3	0,45	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,2	1,7